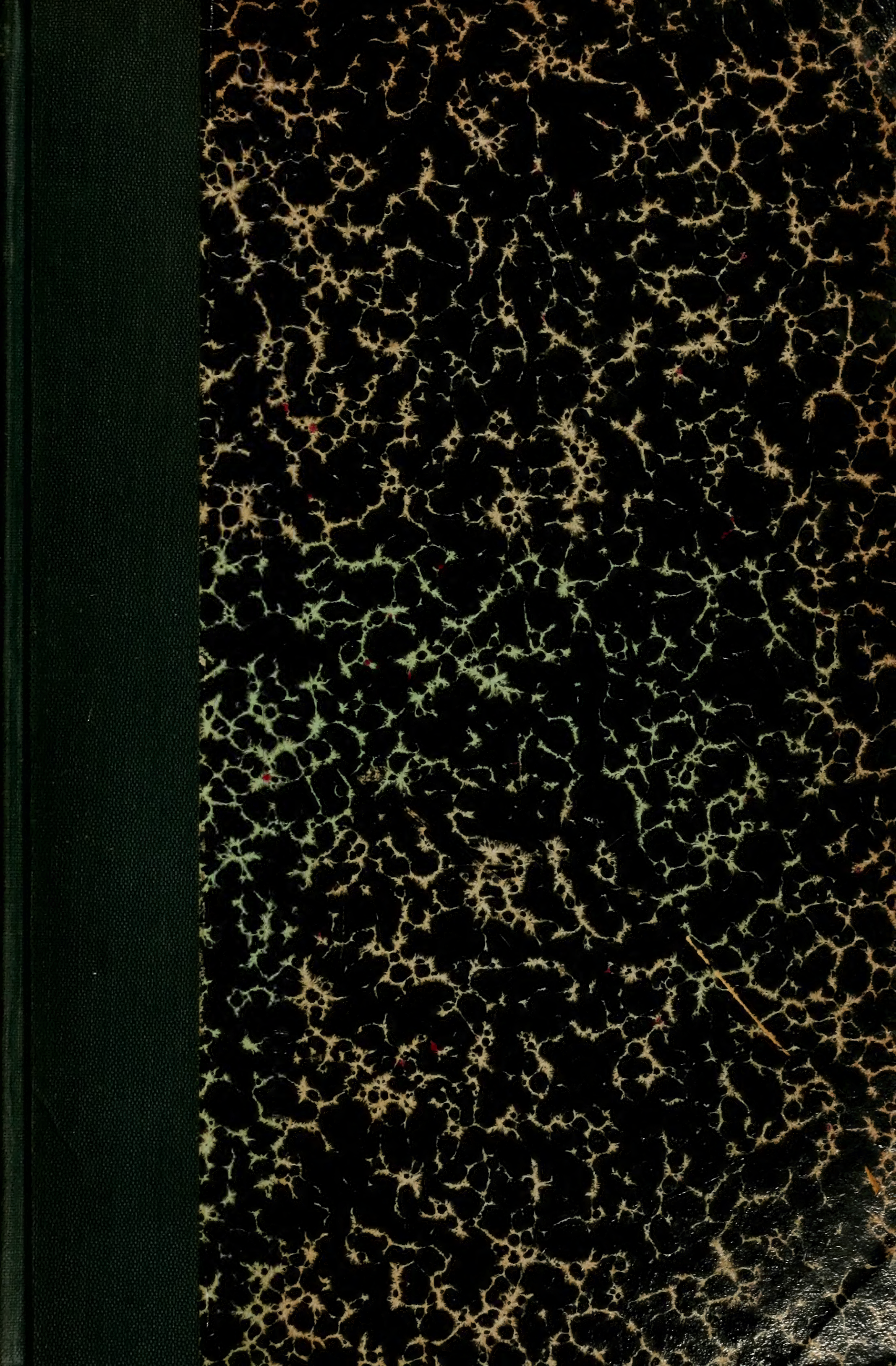
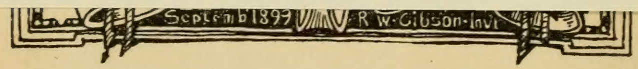



Septemb 1899
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie,
18, Pélisserie, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT HUITIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME SEIZIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18.

PARIS	LONDRES	NEW-YORK
H. LE SOUDIER	DULEAU & C°	G. E. STECHERT
174-176, Boul. St-Germain	37, Soho Square	9, East 16 th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1903

LES DÉCHARGES OSCILLATOIRES[1]

PAR

A. BATTELLI et L. MAGRI

de l'Université de Pise.

Description générale de la méthode.

Les nombreuses recherches exécutées jusqu'à présent, soit théoriques, soit expérimentales, ne résolvent pas complétement le problème des décharges oscillantes qui est compliqué de circonstances très variées ; par exemple, la façon de se comporter du diélectrique compris entre les armatures du condensateur, la présence de l'étincelle et la variabilité de sa résistance dans les divers instants de la décharge, les dispersions éventuelles, l'inégale répartition de la décharge dans la section du conducteur, etc. ; circonstances dont on n'a pas tenu compte, ou qui n'ont été étudiées qu'isolément, soit dans les recherches théoriques, soit dans celles expérimentales.

La distribution de l'énergie disponible dans les diverses portions du circuit de décharge n'a pas non

[1] Extrait par les auteurs de l'article publié par eux dans les *Memorie della R. Acc. d. Scienze di Torino*, série II, vol 51, pp. 335-410.

plus été étudiée systématiquement et en rapport avec la période d'oscillation. C'est pour cela que nous nous sommes proposé d'étudier systématiquement le phénomène, en réunissant dans une même disposition expérimentale des appareils qui nous permissent de mesurer la période d'oscillation, l'énergie disponible au commencement de la décharge, la quantité d'électricité effectivement déchargée et l'énergie dissipée sous forme de chaleur dans les différentes parties du circuit.

A. *Mesure de la période d'oscillation.*

Les expériences exécutées pour vérifier la formule de Thomson qui, pour la période T d'oscillation dans un circuit de la capacité C de la résistance R et de l'auto-induction L, donne la valeur

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

ont été faites par deux méthodes différentes ; d'abord en photographiant l'étincelle ainsi que Feddersen [1] l'a indiqué pour le premier, ensuite en déterminant la courbe représentant la variation du courant de charge ou de décharge d'un condensateur en fonction du temps.

Avec la première méthode, en dehors des expériences de Feddersen [1] et de Lorenz [2], des mesures soigneuses ont été exécutées plus récemment par Trowbrige et Sabine [3] et par Lodge et Glazebrook [4]

[1] *Pogg. Ann.* 103, p. 69, 1858; 108, p. 497, 1859; 113, p. 437, 1861, 116, p. 132, 1862.

[2] *Wied. Ann.*, 7, 171, 1879.

[3] *Phil. Mag.* 30, 323, 1890.

[4] *Cambr. Phil. Trans.*, 18, p. 136, 1899.

avec un condensateur à air, ensuite par Miesler[1] avec des bouteilles de Leyde ; et dans toutes ces expériences, la formule de Thomson a été suffisamment vérifiée.

Parmi les recherches les plus soigneuses exécutées avec la deuxième méthode, il faut noter celles de Hiecke[2], de Wulf[3], de Tallquist[4], de Seiler[5] et de Webster[6], qui se servirent d'interrupteurs spéciaux, soit à pendule, soit à chute de poids ; avec cette méthode également l'exactitude de la formule de Thomson a été à peu près verifiée par les résultats des expériences.

Mais les travaux ci-dessus mentionnés sont incomplets à deux points de vue ; ou bien ils se rapportent à un seul cas particulier — et ils ne peuvent servir à une vérification complète de la théorie — ou bien ils ne sont pas assez soigneusement faits.

Il était donc bon d'entreprendre, sur une question de cette importance, de nouvelles et plus complètes recherches.

De ces deux méthodes la seconde, qui n'introduit pas d'étincelles dans le circuit, est celle qui s'approche le plus des conditions théoriques qui servent à établir la formule à vérifier ; mais, en dehors des difficultés que présente la mesure exacte du temps et de son inapplicabilité à des mesures de périodes très petites, elle ne se rapporte pas aux cas qui ont une plus grande impor-

[1] *Wien. Ber.*, 99, II a, p. 579, 1890.
[2] *Wien. Ber.*, 96, II a, p. 134, 1887.
[3] *Wien. Ber.*, 105, II a, p. 667, 1896.
[4] *Wied. Ann.*, 60, p. 248, 1897.
[5] *Wied. Ann.*, 61, p. 30, 1897.
[6] *Phys. Rews.*, 6, p. 297, 1898.

tance pratique et dans lesquels l'étincelle se présente précisément elle aussi dans le circuit.

Nous avons donc choisi, pour nos recherches, la méthode de la photographie de l'étincelle avec un miroir tournant qui, manié avec soin, donne des mesures très exactes de périodes inférieures au millionnième de seconde.

B. *Méthode et appareils employés dans nos expériences pour la mesure expérimentale de* T.

Nous étant décidés pour la méthode de la photographie de l'étincelle, nous avons fait usage d'un miroir plan mis en mouvement par une turbine spéciale construite à cet effet par le mécanicien de l'Institut et représentée par la figure 1. Cette turbine, dans ses par-

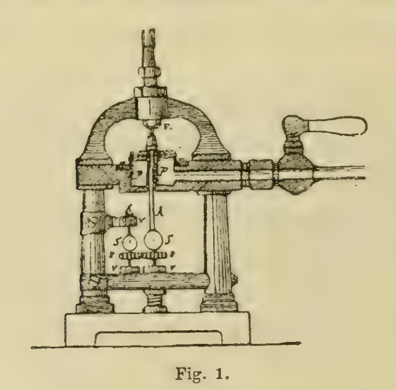


Fig. 1.

ties essentielles est pareille à celle de Foucault, elle en diffère en ce qu'elle peut porter deux axes et, par conséquent, deux miroirs tournants.

Dans les recherches qui font l'objet de cette étude

nous ne nous sommes toutefois servis que d'un seul miroir.

Pour mettre cette turbine en mouvement nous avons employé un jet d'air comprimé à 6 atmosphères, fourni par un grand réservoir.

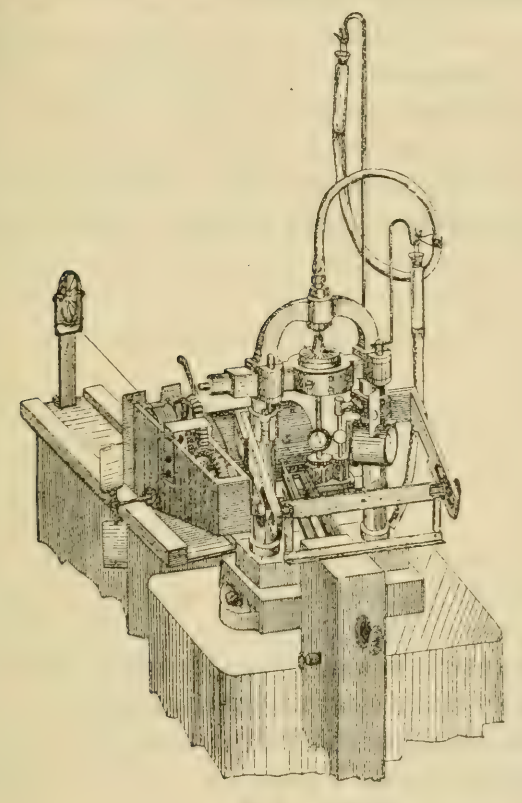


Fig. 2.

Pour mesurer la vitesse de rotation de la turbine, un léger crin fixé sur son axe A laissait à chaque tour une empreinte sur un cylindre de laiton recouvert de papier fumé ; un diapason électro-magnétique, dont la

période avait été exactement reconnue, y traçait également sa courbe. Un mouvement d'horlogerie permettait au moment voulu de faire accomplir un seul tour au cylindre avec une vitesse suffisamment constante.

La figure 2 représente l'ensemble de la turbine, du cylindre tournant et du diapason.

Aux colonnes de la turbine on avait assuré deux solides barrots de fer sur lesquels venait se fixer le chassis portant la plaque sensible de 3 × 12 cm.

L'étincelle que l'on devait photographier se produisait en A dans une grande caisse en bois qui empêchait l'irradiation lumineuse et la lumière de ces étincelles,

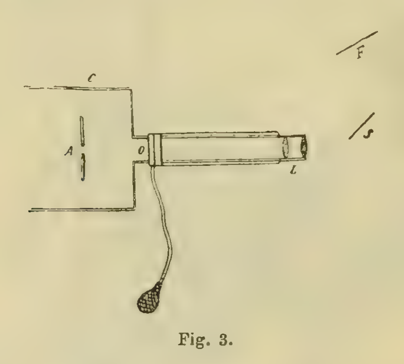


Fig. 3.

passant par le trou O, arrivait à l'objectif, qu'on pouvait manier avec un obturateur pneumatique.

Si le miroir tournant S se trouvait dans la position opportune, l'image formée par L venait se réfléchir sur la plaque sensible F.

Voici comment on procédait aux expériences :

Quand on avait la certitude que le mouvement de la turbine était uniforme et suffisamment rapide, on faisait produire la décharge entre les sphères du spinthé-

romètre et, dès que l'on apercevait sur la plaque sensible l'image réfléchie par le miroir, on fermait l'obturateur et on mettait en mouvement le cylindre tournant sur lequel l'axe de la turbine et la pointe du diapason marquaient leurs graphiques. Il ne restait ensuite qu'à développer et fixer la plaque suivant les procédés habituels.

On prenait généralement six ou sept clichés par chaque période d'oscillation et par chaque distance explosive.

La détermination des distances entre les images des différentes petites étincelles élémentaires constituant la décharge se faisait moyennant un comparateur Froment, dont le curseur, lu avec un oculaire muni de réticule, permettait de mesurer le centième de millimètre.

De ces mesures, réduites opportunément à l'arc de cercle et de la mesure de la vitesse de rotation du miroir, on pouvait facilement déduire la valeur de la période T d'oscillation de la décharge.

Or, si l'on veut comparer la valeur expérimentale avec celle théorique que la formule de Thomson donne pour cette méthode, il est nécessaire d'obtenir avec exactitude les valeurs de la capacité, de l'auto-induction et de la résistance du circuit de décharge.

Nous les avons mesurés de la façon que nous allons exposer.

C. *Capacité. Résistance. Auto-induction du circuit. Condensateurs.*

Afin d'éliminer les inconvénients dus à la pénétration de la décharge il fallait se servir de condensateurs à

air que nous avons expressément construits pour ces recherches.

Les condensateurs dont nous nous sommes servis sont au nombre de deux, et chaque condensateur est formé de 70 plaques de verre à faces planes, des dimensions de 70 $\times$ 35, d'épaisseur variant de 7 à 10 mm., chaque plaque est recouverte de feuille d'étain des deux côtés jusqu'à quelques centimètres des bords.

Chaque plaque est isolée de l'autre par des petits prismes en verre, choisis avec soin, de dimensions égales et appuyés sur les bords non recouverts d'étain. La distance moyenne entre les armatures est d'environ 7 centimètres.

La capacité de ces condensateurs fut mesurée avec un grand soin, soit par la méthode du galvanomètre balistique en comparaison avec un échantillon de la maison Latimer Clark, Muhirhead, déjà étudié par M. le Prof. Roiti [1], soit par la méthode du pont proposée par J.-J. Thomson [2].

Les valeurs obtenues avec les deux méthodes sont très concordantes entre elles; nous avons choisi les valeurs obtenues par la méthode du pont, ayant une plus grande confiance dans leur exactitude.

Ce sont les suivantes :

	U. E. (C. G. S.)	Microfaradays
Pour le condensateur N° 1	7178	0.007976
» » N° 2	7096	0.007885
Pour les deux en quantité	14175	0.01575
Pour les deux en série..	3568	0.003965

[1] *N. Cim.* (3), 21, p. 137, 1887.

[2] *Phil. Trans. of the R. Soc. part.*, 3, p. 707, 1883.

D. *Résistance du circuit métallique et de l'étincelle.*

Dans ces premières recherches la valeur de la résistance des circuits dont nous nous servions était négligeable pour le calcul de la période d'oscillation selon la formule de Thomson. Mais, au contraire, la connaissance de la valeur exacte de la résistance opposée par les parties métalliques aux décharges oscillatoires nous était indispensable comme élément de comparaison, afin d'en déduire la résistance effective de l'étincelle.

Nous avons fait cette comparaison en mesurant la quantité de chaleur qu'une même décharge développait soit dans chaque partie métallique, soit dans l'étincelle ; à cet effet nous nous sommes servis de calorimètres spéciaux.

Calorimètres à circuit métallique.

Ceux qui nous servirent pour la mesure de l'énergie développée dans les parties métalliques du circuit avaient la forme indiquée dans la figure 4.

Le fil rectiligne ou la spirale à travers lesquels se déchargeait le condensateur se terminaient par deux bouts de fil de platine soudés au feu aux deux extrémités d'un tube de verre.

A ce tube était uni, en position verticale, le tube capillaire calibré C,

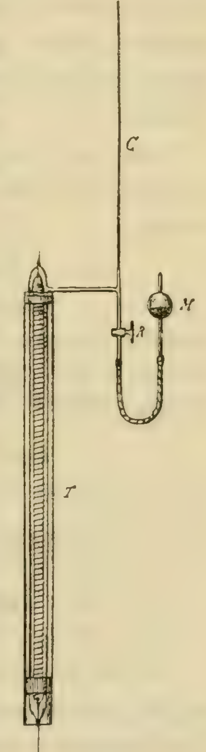


Fig. 4.

convenablement divisé et soudé dans la partie inférieure à un tube plus large auquel était uni le robinet R ; le petit réservoir de mercure M était uni à ce dernier, au moyen d'un tube de caoutchouc. Tout le tube T, l'intérieur du tube sur lequel était entouré la spirale et partie du tube capillaire C étaient remplis de toluol. Le mercure arrivait à au moins un centimètre au-dessus du robinet R, ce qui permettait de régler la hauteur du toluol dans le tube capillaire C et d'empêcher que celui-ci s'échappat du robinet R. Autour du calorimètre ainsi formé on plaça un manchon en verre afin de régulariser l'échange de chaleur avec l'ambiant. Les spirales étaient enroulées sur des tubes en verre à parois minces, afin de pouvoir les fixer dans les calorimètres.

Nous reportons ici les données relatives aux cinq calorimètres dont nous nous servîmes dans nos expériences.

Calorimètre avec spirale.

Nombre	1	2	3
Nombre de spires	220.25	423	102
Longueur de la spirale en cm..	36.8	69	15.6
Diam. extérieur de la spirale..	1.521	1.78	1.64

Calorimètre avec fil rectiligne.

Nombre	4	5
Longueur du fil en cm.	100	147

Calorimètre à étincelle.

Il était constitué (fig. 5) par deux récipients ovoïdes R, R, l'un dans l'autre, dans l'intervalle desquels on avait mis du toluol qui occupait également l'intérieur

du tube capillaire T. Ce dernier, d'autre part, communiquait, par le moyen d'un tube muni de robinet et d'un tuyau de caoutchouc avec un réservoir P contenant du mercure.

En élevant ou en abaissant P, on pouvait varier la hauteur du mercure dans le tube et celle du toluol dans le tube T.

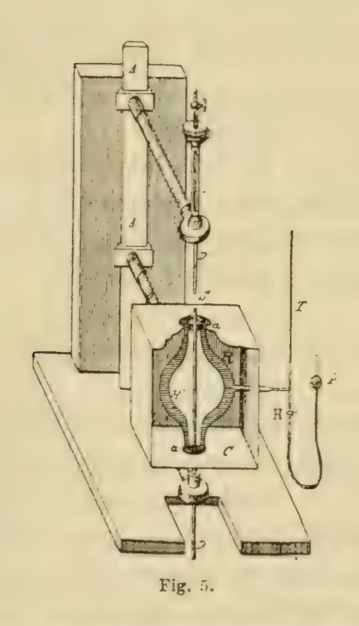


Fig. 5.

Le récipient extérieur R avait été entouré d'une suffisante couche de drap de laine ; et le tout, placé dans une boîte en bois C, pouvait coulisser, par le moyen du bras NO sur lequel il se trouvait fixé le long du bras A ; on pouvait ainsi le porter à des hauteurs différentes.

Avec cette disposition on pouvait librement faire produire dans l'air l'étincelle quand on devait en pren-

dre la photographie et on pouvait la déterminer en R[1] pendant les mesures calorimétriques.

On obtenait une bonne fermeture des deux ouvertures *a a'* du récipient calorimétrique R, en revêtant avec des tubes de caoutchouc les bras en laiton D, D[1] du spintéromètre dans l'espace proche de l'interruption où l'étincelle se produisait. Ce système de fermeture permettait de mettre en place avec toute facilité et promptitude le calorimètre au moment voulu, c'est-à-dire quand on voulait exécuter la mesure de la chaleur développée dans l'étincelle.

Avec cette forme de calorimètres on évite les inconvénients dûs aux effets explosifs et électrostatiques de l'étincelle et ceux qui, dans les calorimètres à air, peuvent dériver des actions capillaires.

Etalonnage des calorimètres.

Pour obtenir en mesure absolue l'énergie développée dans ces calorimètres, nous en avons fait l'étalonnage en faisant passer, pendant un temps déterminé, un courant d'intensité connue tant dans les calorimètres à fil métallique, dont on connaissait la résistance, que dans ceux à étincelle dans lesquels les extrémités du spintéromètre étaient reliées au moyen d'une petite spirale de constantant d'une résistance connue.

Les lectures des colonnes liquides se faisaient avec la lunette et toujours la nuit.

Pour chaque calorimètre, le nombre de calories correspondant à une division du tube capillaire était donné par la moyenne des moyennes de trois séries d'expériences.

Les valeurs ainsi trouvées sont les suivantes :

Calorimètres N°	1	2	3	4	à étincelle
	0.0668	0.0876	0.0871	0.0399	0.0429

Résistance des parties métalliques et sa dépendance de la nature de la décharge.

On sait que pour les fils métalliques tirés en ligne droite, la résistance R pour courants alternatifs, pour de très grandes valeurs de la fréquence peut prendre, selon Lord Rayleigh[1] la valeur

$$R' = \pi a R \sqrt{\frac{n\mu}{\sigma}}$$

si a est le diamètre, σ la résistance spécifique, μ la perméabilité magnétique, R la résistance du fil pour courants continus et n la fréquence du courant.

Mais, pour un circuit roulé en spirale, cette formule n'est pas applicable et, dans l'absence d'une étude théorique de la question, nous avons exécuté des expériences comparatives entre la résistance opposée par une spirale et celle qu'un fil tiré en ligne droite opposait à la même décharge.

Ceci s'est fait en déterminant le développement de la chaleur dans deux portions successives d'un même circuit formé de deux fils de cuivre du même diamètre dont l'un tendu en ligne droite et l'autre roulé en spirale ; d'abord quand ils sont parcourus par un courant continu, ensuite lorsqu'ils le sont par une décharge oscillante. A cet effet nous nous sommes servis des calorimètres 1 à 5 déjà décrits.

[1] *Phil. Mag.* (5), 21, p. 381, 1886.

Avec un calcul très simple des déviations observées dans les deux cas, on peut déduire le rapport $\frac{\rho}{\rho^1}$ entre la résistance d'un fil roulé en spirale et celle du même fil tendu en ligne droite pour des décharges de la période employée.

Ayant reconnu par des expériences préliminaires, que les indications de nos calorimètres ne sont influencées ni par les effets de la viscosité diélectrique éventuelle du diélectrique dans lequel sont plongés les fils métalliques, ni par une différence de vitesse avec laquelle se produise l'échange de chaleur avec l'ambiant dans le cas de courants continus ou de courants instantanés, nous avons toujours trouvé que la résistance effective d'une spirale (rapport entre l'énergie calorifique développée dans celle-ci et le carré moyen de l'intensité du courant) est, pour les décharges électriques, plus grande que celle que présenterait le même fil s'il était tendu en ligne droite.

Le barème suivant montre la dépendance que nous avons trouvée entre ce rapport $\frac{\rho}{\rho^1}$ et la période T d'oscillation

T	6.7×10^{-6}	4.3×10^{-6}	3×10^{-6}	2.2×10^{-6}
$\frac{\rho}{\rho^1}$	1.79	1.96	2.15	2.1

Avec d'autres spirales ayant les spires plus ou moins rapprochées, nous avons reconnu ensuite que la résistance va toujours en croissant pour chaque spirale avec la fréquence et avec la diminution de la distance entre les spires.

Tout ceci fait supposer que, tandis que pour un

conducteur rectiligne le courant ne passe que par une mince couche superficielle, ce même courant est localisé dans un espace encore plus étroit lorsque le conducteur est roulé en spirale ; ceci est à prévoir si l'on considère les effets d'induction mutuelle entre les différentes portions du circuit.

Une telle localisation doit influer sur la valeur du coefficient d'auto-induction du circuit ; mais l'on peut facilement comprendre — et les expériences faites à cet effet nous l'ont confirmé — qu'une telle influence est insignifiante par rapport à celles notées pour la résistance.

De tout ceci il résulte que la valeur exacte de la résistance de nos spirales, pour une période donnée, s'obtiendra en multipliant la valeur de la résistance que présente à cette même période le fil tendu en ligne droite par le rapport $\frac{\rho}{\rho^1}$ que nous avons déterminé expérimentalement de la façon indiquée précédemment.

Auto-induction.

De même pour l'auto-induction l'étude théorique rerelative aux courants alternatifs n'a été faite que pour quelques formes spéciales de circuits plans, et l'on manque de calculs se rapportant à des circuits roulés en spirale pour lesquels on ne peut appliquer ni la méthode de Maxwell de la moyenne distance géométrique [1], ni les procédés de Lord Rayleigh [2], ni ceux dérivant de la théorie des décharges oscillantes ainsi qu'elle a été exposée par Stefan [3].

[1] *Wied. Ann.*, 53, p. 928, 1894.
[2] *Phil. Mag.*, 21, p. 381, 1886.
[3] *Wied. Ann.*, 41, p. 400 et 421, 1890.

Voulant pouvoir également évaluer cet élément avec la précision nécessaire dans les expériences se rapportant à la mesure de la période, nous avons fait usage des circuits suivants, pour lesquels on connaît la valeur théorique de l'auto-induction.

a) Carré de fil de cuivre : rayon de la section du fil 0,04 cm. ; longueur du côté $l = 398,6$ cm.

b) Cercles de fil de cuivre ; cercle n° 1 : rayon de la section du fil 0,226 cm., diamètre du cercle 201 cm. ; cercle n° 2 : rayon de la section du fil 0.226 cm., diamètre du cercle 57,2 cm.

Les fils formant ces circuits étaient tendus sur des chassis de bois expressément construits et ils étaient tenus éloignés le plus possible des masses conductrices, des parois de la chambre et du plafond.

Or, selon Lord Rayleigh (l. c.), l'auto-induction L' d'un circuit plan de longueur et de résistance ohmique R pour courants de haute fréquence, peut se mettre sous la forme :

$$L' = L_0 - \frac{l}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{R}{\pi n l}}\right)$$

où L_0 est l'auto-induction du même circuit pour des courants continus.

Pour les différents circuits indiqués ci-dessus, la valeur de L_0 peut se déduire par des opérations algébriques faciles d'une formule de Mascart[1], par laquelle on trouve, pour un carré dont le périmètre est l

$$L_0 = 2l\left(\log_\epsilon \frac{l}{r} - 1.9103\right),$$

[1] *Electr. et Magn.*, vol. I, p. 630 de la 2e édition.

pour un cercle de rayon a,

$$L_0 = 4\pi a \left(\log_e \frac{8a}{r} - 1.75\right)$$

r étant le rayon du fil.

Wien[1] a reconnu que les valeurs de L_0 calculées avec ces formules concordent à moins de 0,1 °/₀ avec celles qu'il a obtenues par de soigneuses mesures; on peut donc les retenir dignes de toute confiance.

Substituées dans la (1), ces valeurs nous permettent de calculer l'auto-induction que les circuits ci-dessus ont pour chacune des périodes des décharges dont nous avions photographié l'étincelle.

On obtient de cette façon les valeurs suivantes :

Pour le carré de fil de cuivre :

T =	0.00000425	0.00000303
L′ =	27.390 cm.	27.329 cm.

Pour le cercle n° 1 :

T =	0.00000235	0.00000167	0.00000120
L′ =	7.829 cm.	7.824 cm.	7.810 cm.

Pour le cercle n° 2

T =	0.0000007
L′ =	1.768 cm.

En plus de ces circuits plans, nous nous sommes aussi servis de deux spirales pour la mesure de la période; l'une A, était entourée sur l'ébonite, avait 485 spires de fil de cuivre de 0,08 cm.; l'autre B, avait 283 spires distribuées sur 85 cm. autour d'un cylindre de marbre long de 98 cm. et du diamètre de 23,821 cm.; le fil de cuivre avait 1,435 mm. d'épaisseur.

[1] *Wied. Ann.* 53, p. 928, 1894.

Pour ces spirales nous avons trouvé avec la méthode de Nernst les valeurs suivantes :

Spirale A	Spirale B
L′ = 57.230	L′ 4.546.000

L'on doit ajouter à ces valeurs, celles se référant aux portions de circuit qui servent à établir les communications entre le condensateur et le spinthéromètre.

De ces réophores, formés ou de tubes de cuivre jaune ou de rubans de cuivre, l'on a avec les formules de Wien (*l. c.*) les valeurs suivantes :

Pour les tubes de laiton :

Longueur	90 cm.	80 cm.	71 cm.
L′ =	762 »	658 »	567 »

Pour le ruban :

Longueur	20 cm.
L′ =	103 »

Dans les expériences qui nous ont servi à déterminer la résistance de l'étincelle et dont nous avons utilisé les résultats pour comparer l'énergie disponible dans la décharge avec celle qui se manifeste dans les différentes portions du circuit, nous nous sommes servis, avons-nous dit, de circuits roulés en spirale : dans ces expériences également nous avons photographié l'étincelle.

Si l'on veut comparer les valeurs de la période d'oscillation obtenues expérimentalement par ces étincelles avec les valeurs théoriques correspondantes, il faut connaître l'auto-induction de ces spirales dont les dimensions sont indiquées ci-dessus.

En l'absence de formules théoriques pour le calcul exact de ces auto-inductions il ne nous restait qu'à en

faire la comparaison avec celui de circuits théoriquement calculables.

Pour cette comparaison nous nous sommes servis de l'excitateur différentiel de Nernst que nous avons légérement modifié en ce sens que, pour obtenir l'équilibre dans l'excitateur nous maintenions les deux capacités de comparaison constantes et nous faisions varier une des deux auto-inductions.

Nous avons trouvé avec cette méthode, pour les coefficients de nos circuits, les valeurs suivantes :

Circuit		Auto-induction
Spirale	1	29.470
»	2	74.140
»	3	17.460
Fil	4	3.669

Les tubes et les rubans de cuivre qui établissaient les communications, sont également compris dans ces valeurs.

(*A suivre.*)

SUR LA

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE

DU QUARTZ[1]

PAR

Arnold BOREL

(Avec la planche I.)

I

Introduction.

On sait que la polarisation rotatoire magnétique a été observée, pour la première fois, en 1845, par Faraday[2]. Après avoir reconnu que les corps transparents isotropes placés dans un champ magnétique acquièrent la propriété de faire tourner le plan de polarisation d'un rayon qui les traverse, Faraday a abordé au même point de vue l'étude des cristaux transparents.

Il a reconnu l'existence de cette propriété chez un

[1] Un extrait de ce travail, qui a paru dans les *Comptes rendus de l'Académie* de Paris, 1899, CXXVIII, contient quelques fautes d'impression. En particulier, la constante de Verdet pour la raie Cd_{18} y est donnée comme égale à 0.10725, au lieu de 0.10925. Quelques corrections que l'on trouvera plus loin ont du reste modifié légèrement les résultats définitifs.

[2] Faraday. *Archives*, 1846, I, 70, 395.

certain nombre de cristaux cubiques, la fluorine, le sel gemme, l'alun. Les cristaux biréfringents lui ont tous donné des résultats négatifs. Cependant E. Becquerel[1], dans ses recherches sur la polarisation rotatoire magnétique, trouva que le quartz, la tourmaline, le beryl manifestaient ce phénomène, mais à un beaucoup plus faible degré. Les travaux de Wertheim[2], Lüdtge[3], Bertin[4], sur le même sujet, vinrent confirmer ces faits. Ces auteurs se bornèrent à constater cette propriété, mais sans en faire une étude quantitative.

L'étude complète de la rotation magnétique fut entreprise par M. Joubin[5] sur le sel gemme, et par M. Chauvin[6] sur le spath d'Islande. Ce sont les deux seuls mémoires complets se rapportant à cette intéressante propriété des cristaux. Il me semble donc utile d'en donner un bref aperçu.

M. Joubin fut amené à ses recherches par suite des divergences que présentent les formules de dispersion proposées par différents auteurs pour relier le pouvoir rotatoire magnétique à la longueur d'onde. D'après ceux-ci, seule la vitesse de propagation des vibrations traversant le corps soumis à l'influence d'un champ magnétique est affectée, et ceci par analogie avec ce qui se passe pour le quartz dans la théorie de Fresnel. Mais la période de la vibration peut tout aussi bien être modifiée dans un champ magnétique.

[1] E. Becquerel. *Ann. de Chim.,* 1846, XVII, 445.
[2] Wertheim. *C. R.,* 1851, XXXII, 289.
[3] Lüdtge. *Pogg. Ann.*, 1869, CXXXVII, 281.
[4] Bertin. *Ann. de Chim.*, 1848, XXIII. 16.
[5] Joubin. *Journ. de Phys.*, 1889, VIII, 53.
[6] Chauvin. *Journ. de Phys.*, 1890, IX, 5.

M. Joubin attribue à l'omission dans les formules de dispersion des termes représentant cette dernière hypothèse, le désaccord constant entre les formules proposées et les expériences.

Il admet que la vitesse et la période de la vibration changent simultanément. La formule qu'il préconise a été donnée par M. Mascart dans son cours du Collège de France. M. Joubin appliqua tout d'abord cette formule aux expériences de divers observateurs et trouva qu'elle les représentait plus exactement que les autres formules, puis il commença de nouvelles expériences, parmi lesquelles celles sur le sel gemme qui lui permirent de prolonger les observations dans l'ultra-violet jusqu'à Cd_{26}. Les résultats obtenus en introduisant les valeurs des expériences dans cette formule lui permettent de dire qu'elle semble rigoureusement vérifiée jusqu'aux limites extrêmes de l'ultra-violet. Dans ses recherches expérimentales, M. Joubin s'est attaché à éliminer le plus possible toutes les causes d'erreur, et principalement la variation du champ magnétique dans le cours d'une série d'observations.

L'appareil magnétique était un électroaimant à larges pièces polaires de fer doux. Le courant était pris aux bornes d'une batterie d'accumulateurs donnant un courant suffisamment constant. M. Joubin a mesuré le champ magnétique en fonction du courant d'excitation et de la distance des pièces polaires. Etant données ces valeurs, il connaissait la grandeur du champ à un moment quelconque.

Pour la partie visible du spectre, la valeur du champ n'avait pas besoin d'être mesurée. Se basant sur le pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone,

qui a été parfaitement étudié, M. Joubin prit ce dernier comme terme de comparaison. Au cours d'une expérience, il plaçait alternativement un tube rempli de ce liquide, puis le canon de sel.

Le sulfure de carbone absorbant les radiations les plus réfrangibles ne peut être utilisé dans l'ultra-violet. La lecture de l'ampèremètre et la mesure de la distance des plaques polaires donnaient la valeur du champ.

Pour la partie visible les observations se faisaient directement, tandis que dans l'ultra-violet il employait la méthode photographique au gélatino-bromure d'argent, excessivement sensible, mais très longue, car il faut opérer par tâtonnements successifs.

Les recherches ont porté sur une très grande étendue du spectre, soit de Cd_1 à Cd_{26}; et dans toute cette région du spectre la concordance entre la théorie et l'expérience a été très complète, ce qui semble confirmer le point de vue de M. Joubin.

Le travail de M. Chauvin sur un cristal biréfringent, le spath d'Islande, est plus restreint et plus spécialisé. Ses recherches ne portent que sur la raie D, mais il a étudié la rotation du plan de polarisation sur les rayons qui traversent le cristal, non seulement suivant l'axe principal, mais aussi suivant différentes directions plus ou moins inclinées par rapport à l'axe. Une autre partie de son travail porte sur l'analyse des modifications que produit le champ magnétique sur la nature de la lumière qui se propage dans le cristal. Cette dernière partie se rapportant à un autre ordre d'idées, je n'en parlerai pas.

M. Chauvin a employé la méthode du polarimètre à pénombre. L'appareil magnétique, actionné par une

machine Edison, était un électroaimant muni de petites pièces polaires coniques.

Le cristal était porté par un théodolite qui permettait de le mouvoir autour d'un axe horizontal et autour d'un axe vertical. Ces mouvements étaient mesurés sur les deux cercles divisés du théodolite. L'inclinaison sur l'axe principal du rayon traversant le cristal s'estimait ainsi très exactement.

M. Chauvin a trouvé : Que les rotations sont égales au signe près pour les deux sens du courant ; que la rotation sous l'action d'un champ magnétique parallèle au rayon est maximum suivant l'axe principal, et qu'à droite et à gauche de cette position, pour un même sens du courant, les rotations passent par des valeurs alternativement de sens contraires, et deviennent nulles pour une série de directions symétriques par rapport à l'axe.

Les résultats peuvent se traduire par une sinusoïde d'amplitude maximale suivant la direction de l'axe principal et allant en diminuant en même temps que l'inclinaison augmente.

Ainsi qu'il a été dit, Becquerel a observé la polarisation rotatoire magnétique du quartz, mais sans l'étudier. Les autres propriétés optiques de ce cristal biréfringent, savoir ses indices de réfraction et sa polarisation rotatoire naturelle, étant connues avec une très grande approximation, il m'a paru intéressant de combler cette lacune. C'est ce que je me suis proposé de faire dans ce travail.

Limite des recherches.

Afin de suivre la marche du phénomène au point de

vue de la dispersion, j'ai réparti les observations dans la plus grande partie du spectre, soit de Cd_1 à Cd_{25}, et en choisissant comme raies intermédiaires celles dont l'étude se fait avec le plus de facilité. Les résultats ainsi obtenus inspireront plus de confiance et pourront servir de repère pour l'étude ultérieure d'autres radiations.

J'ai étudié l'influence de la température sur le pouvoir rotatoire magnétique en opérant d'abord à une température voisine de 20°, puis à une température de 96° donnée par de la vapeur d'eau bouillante. J'ai ainsi pu établir une relation entre la variation du pouvoir rotatoire magnétique et la température.

Les valeurs du champ magnétique ont oscillé entre 1050 et 1420 unités C. G. S.

II

Choix des quartz; leur mesure; vérification de taille.

Le pouvoir rotatoire magnétique du quartz étant très faible, j'ai cherché à rendre la rotation aussi grande que possible en employant une longueur suffisante de quartz. La polarisation rotatoire naturelle du quartz complique alors les mesures et les rend moins précises; il a paru préférable de la faire disparaître en utilisant le procédé déjà décrit par Faraday et employé par E. Becquerel, qui consiste à réunir bout à bout deux canons de quartz perpendiculaires à l'axe, d'égale épaisseur et de rotations contraires, en sorte que celles-ci se compensent exactement. On n'observe plus, avec ce système placé dans un champ magnétique, que la rotation due au champ.

Les quartz étudiés ont été mis à ma disposition par M. le professeur Charles Soret, qui n'a cessé de m'aider de ses conseils et de son expérience pendant toute la durée de ce travail. Qu'il me soit permis de lui en exprimer ici toute ma reconnaissance.

Un de ces quartz présentait un grand intérêt pour ces expériences, c'est celui qui a servi à MM. J.-L. Soret et Sarasin pour la détermination du pouvoir rotatoire naturel du quartz sous la désignation du numéro 4.

Ce même canon a été employé par MM. C. Soret et C.-E. Guye pour la même détermination, mais à basse température.

Le second canon a sensiblement les mêmes dimensions, la taille en est un peu moins soignée, mais elle l'est suffisamment pour n'apporter aucune erreur provenant de ce fait dans les résultats.

La longueur des quartz a été mesurée par le procédé de M. Mascart. Le cristal à mesurer est disposé sur le chariot d'une machine à diviser, entre deux pointes d'aiguilles très fines. Un microscope fixe est placé de façon à ce que le réticule bissecte l'espace très petit compris entre la pointe de l'aiguille et son image réfléchie; on note la position correspondante de la vis, puis on déplace le chariot jusqu'à ce que le réticule bissecte de nouveau l'espace entre la pointe de l'autre aiguille et son image. Le déplacement du chariot donne l'épaisseur du cristal.

La longueur du canon numéro 4 a été trouvée de $59^{mm},37542$ contre $59^{mm},37547$ donnée par MM. Soret et Sarasin.

Pour l'autre quartz, j'ai obtenu $59^{mm},37550$. Chacune de ces valeurs est le résultat d'une série de vingt observations. Le n° 4 a été mesuré à 12°, l'autre à 16°.

Quant à la taille, les cristaux doivent remplir les deux conditions suivantes :

Etre taillés perpendiculairement à l'axe optique.

Avoir leurs faces terminales parallèles entre elles.

La première condition a été vérifiée par l'observation des anneaux colorés en lumière convergente.

La seconde en fixant le cristal à la place du prisme sur un spectroscope, perpendiculairement à la lunette d'observation réglée pour l'infini. On l'éclairait avec un oculaire à glace inclinée, et on observait si les images du réticule réfléchies par les deux faces terminales coïncidaient entre elles et avec le réticule.

A l'examen le n° 4 a donné un angle de 40″ entre ses faces et l'autre canon un angle de 56″.

Les erreurs introduites dans le calcul des résultats définitifs par cette imperfection de taille, sont de l'ordre des erreurs d'observations.

III

Les méthodes polarimétriques ont varié suivant les radiations observées. Avant d'aborder leur description, je parlerai de l'appareil magnétique, de la disposition des quartz et de leur réglage, ces différents organes restant fixes et sans changement dans le cours de toutes les expériences.

Appareil magnétique.

L'appareil magnétique était une bobine dans l'axe de laquelle se disposaient les canons de quartz. Ce procédé a été indiqué par Wiedemann[1]. Il a l'avantage de donner un champ uniforme de grande étendue.

[1] Wiedemann. *Ann. de Ch. et Phys.*, 1852, XXXIV, 121.

L'appareil utilisé pour ce travail a été construit spécialement (Pl. VII, fig. 1). C'est un grand solénoïde dont la partie enroulée G mesure 40 cm. de longueur et le diamètre extérieur 23 cm. L'axe, formé d'un tube de laiton A, de 7 cm. de diamètre intérieur, recevait les quartz avec leurs accessoires.

Le solénoïde est composé d'un double enroulement de fil de cuivre de même longueur et de même section (3 mm^2).

Les enroulements pouvaient ainsi être mis en série ou en quantité. Avec ce dernier procédé, je pouvais employer une plus grande intensité sans craindre un échauffement excessif de la bobine. Afin d'éviter une trop grande diffusion des lignes de force à l'extérieur de la bobine, celle-ci a été munie de forts barreaux de fer F, parallèles à son axe.

Dans le tube A était introduit un manchon B à double paroi, parfaitement étanche, formé de deux tubes concentriques de laiton, et communiquant avec l'extérieur par deux tubulures T, qui permettaient d'obtenir une circulation continue de liquide ou de vapeur, suivant les conditions à remplir pour les expériences.

Ce tube était supporté à chaque extrémité par trois vis E et pouvait, grâce à elles, prendre une inclinaison quelconque pour le réglage des quartz. Dans ce manchon était placé le tube C destiné à recevoir les quartz. Ce tube, en laiton également, se divisait en son milieu suivant D, afin de permettre l'introduction des canons dans les chambres Q'Q. La longueur de chacune d'elles est de 67^{mm}. A côté des chambres, le diamètre du tube est réduit de manière à former diaphragme.

Ce tube entre à frottement doux dans le manchon B.

Leur seul plan de contact est suivant I où existe un petit bourrelet circulaire sur le tube C, ce qui permet de l'incliner à volonté dans un sens quelconque par l'intermédiaire des vis de réglage H se contrariant, placées à chaque extrémité du tube B, deux d'un côté et six de l'autre; ces dernières servent à immobiliser le tube contenant les quartz une fois le réglage terminé. Entourés sur toute leur étendue par le manchon B, les quartz pouvaient être amenés à une température quelconque et uniforme permettant d'observer les variations du pouvoir rotatoire avec la température.

La bobine étant difficile à manier, vu son poids, a été calée solidement sur un fort chevalet supporté par une plateforme munie de quatre vis calantes servant à son réglage. Celui-ci a été fait une fois pour toutes. Il consista à faire coïncider l'axe du solénoïde avec la direction du rayon lumineux. Pour cela on plaça l'axe de la bobine dans un plan horizontal, puis on disposa les divers appareils optiques dans le même plan et suivant le même axe.

La première partie de ce réglage se fit facilement au moyen d'un cathétomètre soigneusement réglé. Il suffit alors de viser alternativement les deux extrémités de la bobine et de travailler sur les deux vis calantes de la plateforme jusqu'à ce que l'axe coïncidât de chaque côté avec la croisée du réticule de la lunette d'observation.

Ensuite on plaça les appareils optiques en réglant leur hauteur d'après celle de la croix du réticule.

Pour que l'axe de ces appareils coïncidât avec celui de la bobine, j'opérai comme suit :

Un très petit diaphragme était placé à chaque extré-

mité du tube central de la bobine et déterminait son axe idéal.

Ensuite, de chaque côté de la bobine et à une assez grande distance pour permettre de disposer toutes les pièces nécessaires aux observations, était installée une lunette d'observation munie d'un réticule et réglée à l'infini.

Ces lunettes étaient placées de manière que l'image du réticule de l'une d'elles coïncidât avec le réticule de l'autre. La position du rayon lumineux était ainsi déterminée par la ligne de visée passant par les intersections des réticules.

En fixant les pièces optiques il me suffisait de veiller à ce que les réticules ne fussent pas dépointés pour être certain qu'aucune erreur n'était à craindre.

Réglage des quartz.

Ce réglage demandait des soins tout particuliers, car il devait être effectué d'une manière très exacte.

Il comportait deux opérations distinctes :

La première, indépendante de la bobine, consistait à placer les quartz dans le tube de laiton, en sorte que leurs faces terminales fussent normales à l'axe de ce tube.

Le tube central était dévissé et chaque quartz introduit dans sa gaîne. On avait soin auparavant de fixer un diaphragme de papier noir contre les parois O de la chambre, pour éliminer toute réflexion accidentelle contre le métal.

Le canon était maintenu en place au moyen de coins de liège L (fig. II). Je disposais d'un second tube de

laiton T solidement fixé dans une pince P et, dans ce tube, la partie étroite du tube C pénétrait à frottement doux. On pouvait ainsi faire tourner ce tube autour de son axe.

Avec une lunette à réticule R je visais sur le quartz l'image réfléchie d'une flamme S placée à une certaine distance. En faisant tourner le tube contenant le quartz, cette image réfléchie devait rester immobile. On arrivait à ce résultat en enfonçant plus ou moins les coins de liège L.

Les deux quartz ainsi réglés, je vissais les deux parties du tube et j'introduisais le tout dans le manchon à double paroi déjà placé dans le solénoïde.

J'effectuais alors le second réglage, qui consistait à placer les faces terminales des quartz normalement à l'axe de la bobine. Sur la direction du rayon lumineux, donné comme il a été dit plus haut, je disposais une lunette munie d'un oculaire à glace inclinée. que j'éclairais au moyen d'une bougie. J'observais l'image réfléchie du réticule sur le quartz en faisant tourner le tube qui le contenait. En agissant sur les diverses vis de réglage on arrivait à faire coïncider le réticule avec son image, quelle que fût la position du quartz. Cette position déterminée, on ffxait solidement le tube en serrant toutes les vis. Ces réglages ont été répétés à plusieurs reprises pendant le cours de ce travail.

Mesure du champ magnétique.

Avant de procéder aux expériences pour rechercher la grandeur de la constante de Verdet, j'ai institué un dispositif me permettant de connaître immédiatement la valeur du champ magnétique.

Je disposais d'un courant de 30 ampères sous 120 volts fourni par une génératrice actionnée par un moteur électrique.

Le circuit traversait un ampèremètre, un rhéostat permettant de faire varier l'intensité du courant, un commutateur avec lequel le sens du courant pouvait être changé à volonté, et enfin un interrupteur.

En outre deux ou trois lampes à incandescence étaient dérivées et servaient à faciliter la lecture soit des températures, soit des rotations. De plus, une dérivation conduisait le courant à une assez grande distance de la bobine, aux bornes d'un galvanomètre à miroir Deprez d'Arsonval, qui était ainsi en dehors de l'influence du champ magnétique.

L'index lumineux était envoyé sur une échelle placée à trois mètres de distance. Une différence d'un ampère était accusée par un déplacement de 40 cm. de l'index sur l'échelle. Je me suis basé sur le pouvoir rotatoire magnétique du sulfure de carbone, qui est bien connu, pour déterminer les valeurs du champ magnétique correspondant aux divisions de l'échelle.

Ce liquide était enfermé dans un tube de saccharimètre de 20 cm. de longueur et fermé par des lames de verre. Une série d'expériences préliminaires faites avec le tube vide ont donné la correction à apporter par suite de la présence de ces lames. Le tube était ensuite rempli de sulfure de carbone. Les méthodes polarimétriques employées pour ces mesures sont celles de Laurent et de Lummer sur lesquelles je reviendrai plus tard. J'opérais en lumière jaune, c'est-à-dire que je mesurais la rotation R du plan de polarisation de la lumière correspondant à la raie D. La constante de

Verdet du sulfure de carbone pour cette radiation est 0',043 à 0° C à un centième près, c'est la moyenne des résultats de divers observateurs.

Pour réduire à la température d'observation, la formule de M. Bichat[1] donne

$$c = c_0 (1 - 0{,}00104t - 0{,}000014t^2)$$

De la formule donnant la constante de Verdet, je tirais la valeur du champ

$$H = \frac{R}{cl}$$

Les divisions de l'échelle ont été contrôlées à plusieurs reprises.

La longueur des quartz était de 12^{cm}, tandis que le tube de sulfure de carbone qui m'a servi à établir la valeur du champ magnétique avait 20^{cm}. Le champ de la bobine n'étant pas tout à fait homogène et la présence de barres de fer en rendant le calcul difficile, il pouvait y avoir une correction à apporter de ce chef. Pour lever cette incertitude, j'ai comparé la rotation magnétique du sulfure de carbone dans un tube de 20^{cm} avec celle donnée par un tube de 13^{cm} rempli du même liquide. La comparaison des rotations m'a permis de constater l'uniformité du champ dans la région utilisée.

Dans les corrections de la rotation de sulfure de carbone, je n'ai pas fait intervenir celle provenant des réflexions multiples dont il sera parlé plus loin au chapitre V. Mon but étant de déterminer la valeur du champ, je devais en effet me placer autant que possible

[1] Bichat. *Ann. Ecole norm.*, 1873, 292.

dans les mêmes conditions que les observateurs dont j'ai utilisé les résultats, et qui ne paraissent pas avoir tenu compte de cette correction, d'ailleurs peu importante.

Production et mesure des températures.

Pour avoir une température constante pendant la durée des expériences, je faisais circuler dans le tube à double paroi soit un courant d'eau, soit, pour les mesures effectuées aux environs de 100°, un courant de vapeur d'eau.

L'eau était prise à la canalisation de la ville et amenée depuis le robinet par des tuyaux de caoutchouc.

Deux thermomètres, placés dans des tubes de verre où passait le courant d'eau, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie du manchon à double paroi, donnaient la température de l'eau. Un troisième thermomètre était à côté des quartz. La moyenne des lectures de ces trois thermomètres était prise pour la température d'expérience.

Auparavant ces thermomètres avaient été soigneusement comparés entre eux.

Dans les expériences avec la vapeur d'eau, les thermomètres se disposaient de la même façon.

L'appareil générateur était un ballon de verre à double tubulure, rempli d'eau, chauffé au moyen d'un bec de Bunsen. La vapeur, au sortir du manchon, se condensait dans un réfrigérant à courant d'eau et retombait dans le flacon.

Avant de commencer une série d'observations, je laissais passer le courant d'eau ou de vapeur pendant deux à trois heures, de façon que les trois thermomè-

tres ne variassent plus dans leurs indications depuis une heure au moins. A ce moment je pouvais admettre avec une grande probabilité que les quartz avaient atteint cette température dans toute leur masse.

Marche générale d'une expérience.

La température d'observation obtenue, je fermais le circuit de la bobine. En tournant le polariseur ou l'analyseur, j'amenais le champ lumineux à la position caractéristique choisie, variable suivant la méthode adoptée, fixant avec précision la position du plan de polarisation qui détermine ce que j'ai appelé le zéro de l'appareil.

Puis les lectures suivantes étaient faites : grandeur du champ magnétique, température et rotation. La même mesure était répétée en renversant le sens du courant et en amenant le champ à la même valeur au moyen du rhéostat.

Ces observations étaient recommencées une dizaine de fois pour chaque sens du courant et pour la même valeur du champ. La moyenne des lectures ainsi obtenues était introduite dans la formule donnant la constante de Verdet.

La demi-différence entre la moyenne des lectures correspondant à un sens du courant et celle obtenue dans l'autre sens donnait la rotation.

Je laissais passer le courant le moins longtemps possible dans la bobine, afin de ne pas trop l'échauffer, parce que la résistance augmentant, il devenait difficile de maintenir invariable l'intensité du champ.

Toutes les mesures se faisaient en chambre noire.

Les recherches ayant porté sur des radiations qui se répartissaient dans une grande étendue du spectre, du rouge à l'extrême ultra-violet, je n'ai pu utiliser une méthode polarimétrique unique convenant à l'étude de ces diverses radiations. J'ai eu recours à l'emploi de dispositifs variés, me basant dans leur choix sur la sensibilité maximale obtenue avec l'intensité de la radiation étudiée.

Sources lumineuses.

Pour la raie D, l'emploi d'un brûleur de Terquem avec du bromure de sodium donnait une flamme jaune très intense. On obtenait une lumière jaune parfaitement homogène en faisant traverser au faisceau lumineux une lame de bichromate de potasse et une cuve de verre remplie d'une solution de ce sel.

Pour les autres raies, tant dans la partie visible du spectre que dans la partie invisible, j'ai eu recours à l'étincelle produite entre deux électrodes de cadmium. Cette étincelle, très riche en radiations ultra-violettes, possède en outre une intensité lumineuse suffisante pour permettre les observations dans la partie visible.

Le porte-étincelle était celui imaginé par MM. J.-L. Soret et Sarasin[1]. Il se compose essentiellement d'une plaque d'ébonite percée d'un trou circulaire servant de diaphragme, et que l'on peut à volonté réduire au moyen de deux petits volets. Les tiges de cadmium sont ajustées derrière cette ouverture, l'une au-dessus de l'autre. Une vis permet le déplacement d'une des

[1] J.-L. Soret et E. Sarasin. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1882, VIII, 5.

pointes de cadmium, servant ainsi à régler l'étincelle et à compenser l'usure du métal. Les deux électrodes de cadmium sont reliées au circuit induit d'une grande bobine d'induction dont le circuit primaire est traversé par le courant d'une batterie de dix accumulateurs. L'interrupteur employé est du type Margot[1], basé sur l'attraction mutuelle des courants parallèles dans un solénoïde. Cet appareil, dont les oscillations sont très rapides et très régulières, permet d'obtenir une étincelle presque continue, ce qui assure une grande exactitude dans les observations, tout en fatiguant beaucoup moins l'observateur. L'étincelle d'induction était réduite à 2 ou 3 mm. par l'emploi de quatre bouteilles de Leyde en quantité, placées dans le circuit secondaire. Ainsi obtenue, l'étincelle était très brillante, condition importante pour faciliter les observations avec les méthodes choisies.

Pour la détermination du pouvoir rotatoire magnétique du quartz pour la raie D, l'emploi de deux méthodes polarimétriques m'a paru préférable. Il y avait ainsi un contrôle qui permettait d'étudier avec une très grande sûreté le phénomène pour cette radiation, et de donner des résultats qui semblent être particulièrement exacts.

Ces deux procédés sont ceux de Laurent[2] et de Lummer[3] qui ont déjà servi, comme je l'ai dit plus haut, à la détermination du champ magnétique du solénoïde.

[1] Margot. *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1897, III, 554.
[2] Laurent. *Journ. de phys.*, 1874, III, 183; 1879, VIII, 164.
[3] Lummer. *Zeitschr. f. Inst.*, 1895, XV, 293.

Méthode de Laurent.

Cette méthode à pénombre est basée sur l'emploi, comme partie sensible, d'un diaphragme dont une moitié est vide et l'autre recouverte par une lame de quartz ou de gypse parallèle à l'axe et d'épaisseur telle qu'elle introduit un retard d'une demi-onde dans la marche des rayons qui la traversent. Ces lames sont construites généralement pour correspondre à l'emploi de la raie D. C'est une de celles-ci dont j'ai fait usage.

Comme toute méthode polarimétrique, celle de Laurent exige l'emploi d'un polariseur et d'un analyseur.

Le polariseur provenait, ainsi que la partie sensible, d'un saccharimètre de Laurent.

L'analyseur, monté sur un banc d'optique, était un prisme de Foucault porté par un cercle gradué tournant devant un vernier fixe qui donnait la minute et etait éclairé par une lampe à incandescence allumée seulement pour les lectures. La lunette d'observation portée par le même banc d'optique était une lunette astronomique à réticule.

Je déterminais la position du polariseur et de la partie sensible au moyen des deux lunettes qui donnaient la direction du rayon lumineux. La lunette d'observation était placée sur le banc d'optique et réglée de manière que la croisée de son réticule coïncidât avec celle de la lunette installée derrière le polariseur, en astreignant le rayon lumineux à passer au travers des deux diaphragmes situés de chaque côté de la bobine.

L'analyseur était réglé de façon que sa rotation laissât l'image immobile.

Toutes ces conditions remplies donnaient la coïnci-

dence entre l'axe géométrique des appareils, la direction du rayon lumineux et celle du champ magnétique.

La sensibilité maximale dépend de l'angle des sections principales du polariseur et de la lame demi-onde. Elle s'obtient expérimentalement au moyen d'un levier qui permet de faire tourner la lame. Cet angle doit être petit, mais suffisant pour que le champ soit encore visible à égalité des teintes.

Le zéro de l'appareil adopté pour ces mesures est l'égalité des deux moitiés du champ ; la moindre rotation de l'analyseur fait passer l'une des plages à l'obscur et l'autre au clair. Je ne reviendrai pas sur le mode d'observation qui a déjà été indiqué.

Méthode de Lummer.

Cette méthode (fig. 3), à pénombre comme la précédente, est basée sur les différences de propriété de la lumière polarisée, réfléchie par une surface de verre et par une surface métallique.

La partie sensible est un prisme de verre P′ à réflexion totale, dont la face hypothénuse a été argentée sur toute sa superficie. On a ensuite avec la machine à diviser enlevé l'argent sur une bande de 3 mm. de large, normalement aux arêtes verticales du prisme. Ce prisme est placé sur un goniomètre et soigneusement réglé au moyen d'un oculaire de Gauss à réticule muni d'une glace inclinée.

Sur le goniomètre et à la place du collimateur est fixé le polariseur P, dont l'axe est perpendiculaire à celui de la bobine. Le faisceau lumineux provenant du brûleur de Terquem S, traverse une fente F réglable à

volonté, puis est rendu parallèle avant de pénétrer dans le polariseur par une lentille C. L'analyseur A et la lunette d'observation L sont les mêmes que ceux employés dans la méthode précédente et sont disposés de la même façon.

Au sortir du polariseur, le rayon incident pénètre dans le prisme P', et est réfléchi sur la face argentée dans la direction de l'analyseur. La lunette d'observation est mise au point sur la face argentée du prisme.

La section principale du polariseur est placée parallèlement aux arêtes verticales du prisme. Dans cette position la réflexion a lieu également sur les plages argentées et non argentées; le champ est uniforme. Si l'on tourne très légèrement le polariseur, l'égalité des plages ne subsiste plus. On observe alors un champ lumineux provenant de la réflexion métallique, traversé par une bande d'éclairement différent provenant de la réflexion totale sur la plaque non argentée. Les plans de polarisation ont tourné symétriquement par rapport au plan vertical.

Si l'angle de la section principale du polariseur avec le plan vertical est très petit, on peut considérer que la lumière réfléchie est restée polarisée rectilignement, le petit axe de l'ellipse étant négligeable par rapport au grand axe.

En tournant l'analyseur de 360° on observe quatre positions, symétriques deux à deux, pour lesquelles l'éclairement du champ est uniforme, c'est-à-dire est maximum ou minimum.

La position d'extinction s'observant beaucoup plus aisément, elle a été choisie pour le zéro de la méthode.

Les valeurs obtenues avec les méthodes de Laurent

et de Lummer se superposent exactement, ce qui autorise à admettre comme très exacte la valeur de la rotation magnétique pour la raie D.

La méthode de Lummer s'applique également à l'étude des diverses radiations visibles du spectre, mais elle demande une grande intensité lumineuse que ne possèdent pas les raies données par l'étincelle du cadmium. J'ai dû choisir un autre procédé expérimental.

Méthode de Wild[1].

Cette méthode a été adoptée comme très sensible, quoique les observations soient rendues assez pénibles par suite de la persistance des impressions rétiniennes. Pour supprimer cette cause d'erreur, les observations se faisaient aussi rapidement que possible, afin que la rétine n'eût pas le temps de s'habituer aux stries sillonnant le spectre. On arrive ainsi à rendre cette méthode très précise.

La partie sensible du polaristrobomètre de Wild est, comme on sait, un polariscope de Savart. C'est un système composé de deux lames de quartz, taillées à 45° de l'axe et croisées. Cette pièce est placée devant l'analyseur fixe, dont la section principale est parallèle à la bissectrice des sections principales des quartz.

Si l'on fait tomber sur ce dispositif un faisceau convergent de lumière blanche polarisée, et que l'on observe avec un spectroscope, on aperçoit un spectre sillonné de franges parallèles à la section principale de l'analyseur, que l'on peut faire disparaître en tournant

[1] Wild. Ueber ein neues Polaristrobometer. Bern, 1865.

le polariseur. C'est cette position qui a été choisie pour le zéro de la méthode.

Les différentes pièces que comportait ce procédé étaient les suivantes :

Le porte-étincelle déjà décrit, puis une lentille de quartz à court foyer éclairant une fente qui sert de source lumineuse et qui envoie le faisceau de rayons sur le polariseur. Ce polariseur, gros prisme de Foucault dont les faces sont normales à la direction du rayon, est monté sur un banc d'optique, et fixé à un cercle gradué donnant la minute. Il avait été construit spécialement pour les recherches de MM. J.-L. Soret et Sarasin [1], particulièrement pour l'extrême ultra-violet. Pour que l'observateur placé devant la lunette d'observation pût manier ce polariseur, une poulie était fixée à côté du cercle gradué, une corde passait dans la gorge de cette poulie et dans celle d'une seconde poulie que l'observateur commandait au moyen d'une longue tige de bois. On pouvait ainsi, sans aucun dérangement, changer à volonté le plan de polarisation pour obtenir l'extinction de la bande étudiée. Le tube des quartz portait à chacune de ses extrémités un diaphragme circulaire de 8 mm. de diamètre. A sa sortie le rayon était repris par une lentille de verre qui le renvoyait sur la fente d'un collimateur, et de là sur l'analyseur et le polariscope. L'analyseur était le Foucault déjà employé dans l'étude de la raie D.

L'appareil de dispersion était formé par les prismes et la lunette d'un spectroscope à vision directe de Hoff-

[1] Soret et Sarasin. Sur la polarisation rotatoire du quartz, *Arch. des Sc. phys. et nat.*, 1882, VIII, 111.

mann. La lunette d'observation étant réglée de manière à avoir une image nette du spectre; une petite fente placée au foyer de l'oculaire permettait de limiter la région dans laquelle on voulait opérer; cette précaution était prise pour ne pas être influencé par les franges voisines. Afin que la bande en observation fût toujours au centre du champ, malgré sa position excentrique dans le spectre, la lunette se déplaçait dans le plan horizontal en tournant autour de son point d'attache.

Mesures dans l'ultra-violet.

Les mesures dans cette partie du spectre ne pouvaient naturellement se faire avec les méthodes ci-dessus. J'ai donc eu recours à un autre procédé en employant la méthode donnée par J.-L. Soret[1]. Elle est basée sur la propriété que possèdent les corps fluorescents de rendre visibles les raies ultra-violettes. Pour cela l'oculaire ordinaire est remplacé par un oculaire fluorescent, petite cuve à lames parallèles, remplie dans ce cas d'esculine. Le verre absorbant les radiations ultra-violettes doit être remplacé par du quartz transparent pour ces radiations. Les nicols ordinaires à lame de baume de Canada interceptent les rayons à partir de Cd_{12}. Il faut donc employer un polariseur à lame d'air.

J'avais à ma disposition, comme je l'ai dit plus haut, le polariseur ayant servi à MM. Soret et Sarasin. Ses faces terminales sont perpendiculaires à la direction du

[1] J.-L. Soret. *Archives,* 1876, LVII, 319.

faisceau lumineux. Ce prisme a été construit de manière à permettre l'observation de la raie Cd_{26}, la dernière que laisse passer le spath d'Islande. Un diaphragme était placé entre le porte-étincelle et ce polariseur. Il servait à rendre les rayons parallèles. Dans le même but se trouvaient comme précédemment deux diaphragmes circulaires à chaque extrémité du tube porte-quartz. Le diaphragme du polariseur était éclairé par le faisceau lumineux qui provenait de l'étincelle après avoir traversé une lentille de concentration à court foyer en quartz. L'étincelle est placée à son foyer principal. On a donc une image de celle-ci à grande distance, avec une intensité suffisante pour l'étude dans l'ultra-violet.

Après avoir traversé les quartz et leurs diaphragmes, le rayon tombe sur l'analyseur qui sert en même temps d'appareil de dispersion. C'est un prisme de spath d'Islande placé sur le chariot d'un grand goniomètre, permettant de le régler de manière que ses arêtes soient exactement dans le plan vertical. Sur ce goniomètre est fixée la lunette d'observation avec l'oculaire fluorescent.

On place l'analyseur au minimum de déviation pour la radiation étudiée, choisie dans le spectre extraordinaire.

Les différentes raies de ce spectre apparaissent comme une suite d'images de l'étincelle. On peut les faire apparaître ou disparaître à volonté en tournant le polariseur. Celui-ci est commandé par l'observateur, ainsi qu'il a été dit à propos de la méthode de Wild. Pour savoir sur quelle radiation j'opérais, je mesurais son indice de réfraction. Les tables de Landolt me ren-

seignaient immédiatement sur la raie du spectre extraordinaire observée.

Les observations, à cause du peu d'intensité du champ, sont assez difficiles; il n'est pas possible d'estimer le moment exact où l'extinction de la raie lumineuse se produit : on peut parfaitement faire une erreur de quelques degrés. Aussi pour réduire cette erreur, fait-on deux lectures, une à la disparition et l'autre à la réapparition de la bande.

La moyenne de ces deux lectures donne la position réelle d'extinction.

(A suivre.)

QUESTIONS

DE

MORPHOLOGIE ET DE BIOLOGIE VÉGÉTALES

PAR

C. DE CANDOLLE

I

Les bourgeons adventifs endogènes

Les bourgeons adventifs sont ceux qui naissent accidentellement en des points indéterminés du corps de la plante ou sur des parties de celle-ci qui n'en produisent pas normalement. Leur disposition est donc irrégulière, c'est-à-dire sans rapport avec celle des feuilles et des rameaux ordinaires. Il ne faut pas les confondre avec certains bourgeons axillaires dont l'évolution retardée n'a lieu que longtemps après la chute des feuilles à l'aisselle desquelles ils ont pris naissance et que l'on appelle, pour cette raison, des *bourgeons dormants*.

Les bourgeons adventifs se rencontrent très souvent sur les troncs ou sur les branches des arbres et plus rarement sur les tiges herbacées. Beaucoup de plantes en produisent aussi sur leurs racines, sur leurs feuilles.

Il s'en forme même parfois à l'intérieur des graines, où ils constituent des embryons adventifs.

Je m'occuperai ici seulement de ceux qui se produisent sur le tronc et sur les branches des arbres et des arbustes. Ils sont toujours d'origine endogène, prenant naissance dans le tissu situé autour du cambium. L'assise cellulaire dans laquelle débute la formation de ces bourgeons n'a encore été déterminée, avec une complète précision, que chez un petit nombre de dicotylédones où elle s'est trouvée être le péricycle, et tout porte à croire qu'il en est de même chez les autres plantes de cette classe.

Les pousses issues des bourgeons adventifs présentent toujours, au début, les caractères végétatifs de la plantule de même espèce. Aussi ne sont-elles jamais tout à fait semblables à celles des bourgeons axillaires de l'arbre adulte. Dans certains cas elles en diffèrent même d'une manière frappante. Cette propriété des pousses adventives mérite d'être examinée de près et c'est ce que je me propose de faire dans les pages qui suivent.

Je commencerai par rappeler que toute plante débute, dans son développement, par la production de phyllomes appartenant aux types les plus simples, tels que les cotylédons et les écailles basilaires qui leur succèdent sur la tige primaire de beaucoup d'espèces. Puis viennent les vraies feuilles dont les dimensions et souvent aussi le degré de complication augmentent de l'une à l'autre, plus ou moins rapidement ; jusqu'à ce que soit atteint le type des feuilles définitives caractérisant l'espèce à laquelle elles appartiennent. On peut donc dire que chaque plante présente, au cours de son

évolution individuelle, une hétérophyllie plus ou moins variée. Il se produit quelquefois en même temps des changements dans la forme et la structure des axes successifs. Enfin la phyllotaxie même des feuilles peut aussi changer et ce sont alors les feuilles inférieures qui présentent les arrangements les plus condensés.

Les diverses phases de l'évolution individuelle se succèdent ordinairement assez vite, de sorte que beaucoup de plantes acquièrent déjà sur leur tige primaire leurs feuilles les plus complètes. Dans ce cas, celles-ci diffèrent peu de celles qui naissent plus tard sur le végétal adulte. Elles s'en distinguent pourtant presque toujours encore par une certaine apparence juvénile tenant à des caractères, il est vrai difficiles à préciser, tels que de légères différences de forme, de consistance ou de coloris. Cette même apparence juvénile se retrouve alors chez les pousses adventives de la plante adulte. Il y a aussi des espèces chez lesquelles la jeune plante a des feuilles très semblables, quant à la forme et les dimensions, à celles de la plante adulte, mais ayant une structure interne plus simple. Or les premières feuilles des pousses adventives présentent toujours également cette même simplicité de structure interne. Enfin il y a des espèces dont l'évolution individuelle est très lente et chez lesquelles les organes végétatifs de la jeune plante, notamment ses feuilles, ont un aspect juvénile si prononcé qu'ils diffèrent entièrement de ceux de la plante adulte. Ceci peut d'ailleurs se manifester de deux manières. Le plus souvent les feuilles les plus développées de la jeune plante, celles que j'appellerai dorénavant les *feuilles juvéniles*, sont de forme et de structure interne plus simples que les

feuilles naissant plus tard sur la plante adulte. Mais il y a aussi des espèces chez lesquelles c'est au contraire la plante adulte qui présente les organes végétatifs les moins compliqués, ce qui se voit, par exemple, chez les Acacia à phyllodes. Eh bien, dans l'un et l'autre cas, les pousses adventives de la plante adulte ont toujours, au commencement, des feuilles de la forme juvénile.

Cette propriété générale des pousses adventives a été longtemps méconnue. Schacht me paraît être le premier qui en ait fait mention. On trouve dans son *Traité* un court passage où il en parle à propos du Pin des Canaries[1]. Cependant bien d'autres arbres, et des plus communs en Europe, fournissent des exemples encore plus frappants de ce phénomène. Aussi est-il singulier qu'il n'en soit question ni dans la *Morphologie* de Hofmeister, ni surtout dans le mémoire d'Alexandre Braun sur l'*Individu végétal*. Ce trait caractéristique des pousses adventives est de même entièrement passé sous silence dans les traités modernes. Et pourtant un éminent botaniste italien, feu G.-A. Pasquale l'avait, il y a déjà longtemps, signalé tout spécialement à l'attention des morphologistes. Voici comment il s'ex-

[1] *Handbuch*, v. 2, p. 11. Voici la traduction du passage en question : « Tandis que nos sapins ne produisent jamais de bourgeons adventifs, beaucoup de ceux d'Amérique sont remarquables par la facilité avec laquelle ils en émettent. Et même chez le beau Pin des Canaries *(Abies Canariensis)*, lorsque les branches ont été enlevées, il arrive que le tronc se couvre de jeunes rameaux qui ont, comme les plantules des sapins ordinaires, de longues feuilles à l'aisselle desquelles naissent plus tard trois aiguilles dans une gaîne. »

prime à ce sujet dans son mémoire sur l'hétérophyllie[1] qui a paru à Naples en 1867.

« Au cours de toutes ces générations de bourgeons et de pousses qui se succèdent indéfiniment sur la plante arborescente, on ne reverrait plus les formes de l'état jeune s'il ne se produisait pas, en des points indéterminés de l'axe, une autre sorte de bourgeons qui ressemblent beaucoup à la jeune plante et qui reproduisent sa forme et même le coloris de celle-ci. Ce sont les bourgeons adventifs qui, chez les pins, se voient volontiers sur le tronc et même sur les branches. Ces bourgeons adventifs renferment la nouvelle pousse qui répéte la forme primitive de la jeune plante, en tout ce qu'elle a produit au-dessus de ses cotylédons... »

« Il résulte de ceci que toutes les fois que l'on trouve des rameaux juvéniles avec leurs feuilles spéciales sur un *arbre adulte* ou de *grande taille* ou même vieux, cela tient à la formation accidentelle de bourgeons adventifs. Et ce phénomène, dont la cause réside dans le végétal, peut aussi être produit à volonté par les moyens qui servent ordinairement à provoquer la formation des bourgeons adventifs, tels que la taille et tout autre gêne apportée au libre développement du tronc ou des rameaux. De sorte que si l'on veut voir se reproduire les formes juvéniles sur un arbre adulte, on n'a qu'à lui faire pousser des bourgeons adventifs. Des cas semblables à ceux que j'ai cités se voient chez les Schinus, Eucalyptus, Pinus, etc. » Plus loin, l'auteur ajoute cette remarque, sur laquelle j'aurai à revenir : « Dans les très petits bourgeons adventifs de

[1] Sulla Eterofilla, p. 22.

l'Æsculus Hippocastanum se trouvent des feuilles à trois folioles, c'est-à-dire de forme plus simple que chez la plantule résultant de la germination, »

Ces citations du mémoire de Pasquale montrent avec quelle pénétration, avec quelle netteté d'expression, ce savant avait reconnu et indiqué la nature spéciale des bourgeons adventifs et précisé le rang qu'ils occupent dans le développement ontogénique de la plante. Son mémoire n'est pas moins remarquable et instructif par la manière rationnelle dont il y traite de ce que l'on a appelé improprement la métamorphose végétale. Lorsque, me basant sur l'étude de la structure interne des feuilles, j'ai moi-même considéré, plus tard, cette prétendue métamorphose comme un fait d'hétérophyllie due à l'inégal développement des phyllomes[1], j'ignorais encore que cette même idée se trouvait déjà exprimée dans le mémoire de Pasquale. L'exactitude de cette manière de voir est aujourd'hui prouvée grâce aux observations et aux expériences de M. Gœbel. En effet, par une ingénieuse application de la taille, non plus seulement aux axes végétatifs, mais aussi à leurs organes appendiculaires, il a réussi à provoquer un surcroît de développement chez des phyllomes qui, d'après leur position sur la plante, auraient dû conserver l'état rudimentaire d'écailles de bourgeons, et à leur faire prendre la forme de vraies feuilles[2].

Pour en revenir au mémoire de Pasquale, il est vraiment regrettable que cet écrit magistral n'ait pas

[1] *Mémoires Soc. Phys. et Hist. nat. Gen.*, t. XXVI, 2, 1879, p. 453; vol. cent. 1890, p. 30.

[2] Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. *Botan. Zeit.* 1880, p. 803.

fixé l'attention des botanistes contemporains. On peut même dire qu'il a passé presque inaperçu, car le résumé par trop sommaire qui en a été fait dans le *Bulletin de la Société botanique de France*[1] ne donne vraiment pas l'idée de sa valeur réelle. Depuis lors, il semble n'avoir plus été remarqué par personne, sauf pourtant par M. Gœbel[2], qui le cite à propos d'un cas spécial d'hétérophyllie.

A mon grand regret, ce mémoire m'était encore inconnu lorsque je fis, il y a quelques années, ma première communication sur les bourgeons adventifs[3]. Les faits que j'exposai alors n'étaient, je dois le reconnaître aujourd'hui, que la confirmation des vues émises précédemment par le savant italien. Il en est de même des observations analogues faites par M. Bayley Balfour, lors de son séjour à l'île Rodriguez. Ayant été particulièrement frappé de la réapparition des formes juvéniles sur les pousses adventives de certains arbustes, il lui consacre les lignes suivantes de l'introduction à sa flore de cette île[4]. « Le trait de variabilité le plus saillant dans la végétation de l'île, et il mérite de fixer l'attention, consiste dans la diversité de forme et de port que présentent les feuilles de certaines espèces aux différentes périodes de l'accroissement de la plante. Cette variation se rencontre presque uniquement chez les arbres ou les arbustes, à l'exception cependant d'une composée de petite taille, l'*Abrotanella*. Chez les espèces douées de cet hétéromorphisme, la jeune plante pro-

[1] T. XIV, 1867, p. 153.
[2] *Organographie der Pflanzen*, p. 145.
[3] *Archives des sc. phys. et nat.*, t. VIII, 1899.
[4] *Botany of Rodriguez*, 1879, p. 20.

duit des feuilles ayant comme un degré de développement moindre que celui des feuilles de la plante adulte, et du moment que celle-ci a atteint cette période de son accroissement, elle ne produit plus que des feuilles de la forme adulte. Mais s'il naît des pousses adventives à la base du tronc ou même plus haut au-dessous des premières branches, les feuilles de ces pousses ont toujours la forme juvénile et non la forme adulte. En outre, si de jeunes pousses naissent des tronçons d'arbres mutilés ou taillés, celles-ci portent aussi, comme c'était à prévoir, des feuilles de la forme juvénile. Un point intéressant à élucider serait de savoir si des pousses naissant d'une branche traitée de la même manière auraient des feuilles juvéniles ou des feuilles adultes, et jusqu'à quel point il se produirait ainsi des variations dans le foliage. Il me semble qu'il y a là un champ d'observations et d'expériences intéressantes de nature à fixer l'attention de ceux qui auront l'occasion de se livrer à des recherches de ce genre. » L'auteur énumère ensuite jusqu'à dix-sept espèces de Rodriguez chez lesquelles il a contaté une hétérophyllie très marquée.

Ainsi M. Balfour avait parfaitement reconnu le trait distinctif des pousses adventives, et c'est fâcheux qu'il se soit contenté de le signaler incidemment dans un ouvrage de floristique où il avait toute chance d'être perdu pour les morphologistes. Si M. Balfour avait lui-même poursuivi l'étude de la question, il n'aurait pas tardé à trouver, tout à sa portée, de nombreux exemples de faits semblables à ceux qu'il avait si bien observés dans l'île Rodriguez. C'est ce qui m'est arrivé à maintes reprises pendant ces nernières années et je

vais passer sucessivement en revue les espèces qui ont fait l'objet de mes observations.

Eucalyptus globulus. — On sait que le tronc de cet arbre produit fréquemment des pousses adventives dont les rameaux et les feuilles ont la forme juvénile si caractérisée chez cette espèce. Le fait est connu depuis longtemps. On a vu plus haut qu'il n'avait pas échappé à Pasquale. M. Briosi[1] en a, plus récemment, cité un exemple remarquable par la grande hauteur à laquelle une pousse adventive à feuilles juvéniles s'était produite sur l'un de ces arbres.

J'ai eu moi-même l'occasion d'observer beaucoup de cas semblables pendant un séjour à Cannes, en 1899. Il n'est pas rare de rencontrer des Eucalyptus dont on a supprimé des branches, ou qui en ont perdu par suite d'accidents, et sur lesquels des pousses adventives se sont produites autour des cicatrices. Or j'ai invariablement constaté que les premiers rameaux de ces pousses ainsi que leurs feuilles, ont toujours la forme et la structure juvéniles, quelle que soit d'ailleurs la partie de l'arbre qui leur ait donné naissance. Je vis aussi à Cannes beaucoup d'Eucalyptus déjà fort âgés, que l'on avait entièrement dépouillés de toutes leurs branches et dont le tronc ainsi mutilé portait, à son sommet, une abondante touffe de rameaux adventifs présentant tous les caractères juvéniles. Ayant écrit à ce sujet au regretté Naudin, alors directeur de la villa Thuret et qui avait fait, comme on sait, une étude spéciale des

[1] G.-A. Briosi. *Intorno alla anatomia delle foglie dell Eucalyptus globulus Labill.* Milano, 1891, p. 3.

Eucalyptus, je reçus de lui la réponse suivante qu'on ne lira pas, je le crois, sans intérêt.

« Je suis heureux de pouvoir confirmer votre observation sur l'Eucalyptus globulus.

« Toutes les fois que cet arbre est coupé par le pied, il repousse une abondante cépée qui est entièrement revenue à l'état juvénile : grandes feuilles opposées sessiles ou à peu près, grises blanchâtres et dont l'odeur balsamique est pénétrante, toutes différentes, en un mot, des feuilles de l'arbre adulte, qui sont alternes, falquées, pétiolées, sans pulvérulence blanchâtre et peu ou point odorantes, à moins d'être froissées entre les doigts. Et remarquez bien que ce n'est pas seulement à la base de l'arbre coupé que cette transformation se produit, c'est à toutes les hauteurs du tronc, quand on le coupe. Même le simple enlèvement d'une branche un peu grosse est le point de départ d'une poussée de rameaux retournés à la forme juvénile.

« J'ai observé la même chose sur l'Eucalyptus viminalis, qui est très biforme. Les amputations y font naître des bouquets de rameaux de figure juvénile. Il me paraît probable qu'on observerait les mêmes modifications sur tous les Eucalyptus bien biformes. Elles seraient moins évidentes sur les uniformes.

« Je crois avoir vu aussi quelques changements d'apparence semblables, ou approchant, sur d'autres arbres. »

Noyer (*Juglans regia* L.). — On sait que les très jeunes noyers ont des feuilles à folioles dentelées, tandis qu'à partir de la cinquième ou sixième année, toutes les feuilles de ces arbres ont des folioles à bords

entiers[1]. Ces feuilles juvéniles à folioles dentelées ont, comme celles de l'arbre adulte, la structure interne compliquée par la présence dans le rachis d'un système ligneux intracortical, structure qui se retrouve d'ailleurs chez toutes les Juglandées[2]. Elles ont sensiblement aussi les mêmes dimensions que celles de l'arbre adulte, dont elles diffèrent cependant par leurs folioles dentelées d'un vert plus vif et d'une consistance plus membraneuse.

Lorsque de jeunes noyers à folioles dentelées ont été émondés, il leur arrive souvent de produire l'année suivante des feuilles dont les pétiolules inférieurs portent à leur base une ou même deux folioles surnuméraires qui sont comme les autres à bords dentelés, c'est-à-dire de la forme juvénile. La nervure médiane de chacune de ces folioles surnuméraires correspond à une courte ramification latérale du système ligneux intracortical du rachis, système ligneux qui d'ordinaire ne répond à aucune formation externe. La présence de ces folioles est déjà fort intéressante comme constituant une monstruosité taninomique progressive. Elle ne l'est pas moins sous le rapport de leur dentelure qui prouve que ce caractère juvénile est une propriété inhérente à l'ensemble des tissus de la feuille, puisqu'elle se manifeste même chez leurs expansions accidentelles.

Les noyers produisent spontanément des pousses

[1] C. de Candolle. Mémoire sur la famille des Juglandées, *Annales des sc. nat.*, sér. 4. t. XVIII, p. 13.

[2] C. de Candolle. Théorie de la feuille, *Archives des sc. phys. et nat.* Genève, t. XXXII, 1868, et Mémoire sur l'anatomie comparée, etc., *Mém. Soc. phys.*, t. XXVI, 2.

adventives sur leur tronc et leurs branches de tout ordre. Il est, en outre, très facile d'en provoquer la formation par la taille des rameaux. Dans tous les cas, et quelle que soit la position qu'elles occupent sur l'arbre, ces pousses adventives n'ont jamais, pendant leurs premières années, que des feuilles à folioles dentelées semblables aux feuilles juvéniles de l'espèce.

J'ai rencontré, au cours de mes recherches, plusieurs cas particulièrement intéressants à divers points de vue. Il m'est arrivé, par exemple, de trouver plusieurs fois sur un très vieux noyer des pousses adventives, nées vers l'extrémité d'une branche de quatrième ramification et longue d'environ quatre mètres, qui avaient toutes leurs feuilles de la forme juvénile, Il en a été de même des pousses adventives qui s'étaient formées en très grande abondance à la région supérieure d'un autre grand noyer complètement émondé l'automne précédent. Ces faits montrent que l'âge de l'arbre et de ses branches n'exerce pas d'influence sur le mode de développement de ses pousses adventives.

Depuis quelques années j'observe un noyer que j'ai fait rabattre complètement chaque automne depuis l'année 1900. A cette époque, il avait déjà acquis ses feuilles définitives à folioles entières, bien qu'il n'eût pas encore fleuri. Dès lors, il n'a cessé de produire chaque printemps de nombreuses pousses adventives, dont toutes les feuilles ont des folioles dentelées d'aspect et de consistance juvéniles. Ces pousses sont très vigoureuses et plusieurs de leurs feuilles ont présenté de curieux cas tératologiques. L'un d'eux notamment, qui s'est produit à deux reprises, a déjà fait, de ma

part, l'objet d'une notice spéciale[1]. Il consistait en ce que le rachis de la feuille portait sur sa face supérieure une foliole surnuméraire insérée bien au milieu de cette face, à égale distance des deux folioles latérales de la seconde paire au-dessus de la base de la feuille. Cette foliole surnuméraire avait, comme les autres, un bord dentelé et le corps ligneux de sa nervure centrale était un prolongement direct des faisceaux médians du système intracortical du rachis. Si l'on rapproche cette monstruosité de celle dont il a été question tout à l'heure, on voit que les pousses adventives du noyer adulte et la jeune plante de cette espèce se ressemblent jusque dens leurs anomalies tératologiques.

Chêne (*Quercus Robur* L.). — Mes observations se rapportent uniquement à la variété de chêne dont les feuilles définitives ont la base cordée ou obtuse.

Au-dessus des cotylédons qui sont charnus, hypopeltés et elliptiques, la tige primaire de la plantule est munie d'écailles alternes lancéolées et membraneuses. Vient ensuite une série plus ou moins nombreuse de feuilles dont la forme et les dimensions s'accroissent graduellement de l'une à l'autre, de bas en haut le long de la tige primaire. Cette série commence ordinairement par une ou deux petites feuilles sessiles, entières, oblongues-obovées et à base pointue. Elles sont suivies de plusieurs autres encore sessiles ou très brièvement pétiolées, dont le bord est plus ou moins dentelé, le nombre des dents allant en augmentant de bas en haut sur la tige. Enfin viennent les feuilles de la

[1] *Gardeners-Chronicle*, vol. XXIX, p. 319.

forme définitive qui sont pétiolées et à base cordée ou en tout cas obtuse.

Les feuilles à contour entier ou peu dentelé et à base pointue sont une forme juvénile. En effet, elles ne se reproduisent plus sur les pousses axillaires de l'arbre ; sauf accidentellement sur celles qui ont souffert d'intempéries pendant les premières phases de leur développement[1]. En revanche ces feuilles juvéniles se retrouvent toujours, en plus ou moine grand nombre, dans la région inférieure des pousses adventives nées spontanément ou par l'effet de l'émondage, soit sur le tronc, soit sur les branches des chênes.

Pachira cyathophora Casar. — Le retour des pousses adventives à la forme juvénile m'a été aussi indiqué par M. Prain chez cette malvacée arborescente originaire du Brésil et cultivée dans le jardin de Calcutta. A l'état adulte elle a de grandes feuilles de forme digitée à cinq ou six folioles, tandis que ses jeunes pieds ont des feuilles beaucoup plus petites, simples et ovales. Or les feuilles de cette forme juvénile réapparaissent telles quelles sur les jeunes pousses adventives de l'arbre adulte, comme j'ai pu le voir sur les échantillons qui m'ont été envoyés de Calcutta.

Lierre (Hedera Helix L.). — Cette plante est une de celles qui présentent le plus grand contraste entre l'état juvénile et l'état adulte. En effet elle vit d'abord, pendant un temps très long et qui peut durer des années,

[1] Voir Franz Krasan. Ueber regressive Formerscheinungen bei Quercus sessiliflora, *Sitzungsberichte d. K. Akadem. Wiss. 1 Abth.*, 1887.

sous forme de liane rampante ou grimpante. Durant cette première période, elle ne porte que des feuilles arrondies et lobées dont le pétiole renferme un système ligneux en arc ouvert du côté supérieur et composé de faisceaux distincts. Ce sont les feuilles juvéniles de l'espèce. Plus tard le lierre adulte pousse des rameaux florifères qui sont dressés et portent des feuilles lancéolées entières, à pétioles pourvus d'un système ligneux en anneau continu. Or on voit souvent sur de très vieilles tiges de lierre déjà munies de rameaux florifères, des bourgeons adventifs se développant en pousses retombantes dont toutes les feuilles ont la même forme et la même structure interne que celles de la première période.

Je n'ai pas encore eu l'occasion d'observer, moi-même, des bourgeons adventifs issus des rameaux florifères. Mais le fait que voici ne me permet pas de douter qu'ils ne se développent aussi sous la forme juvénile. On sait que ces rameaux peuvent être bouturés et qu'ils se développent alors en arbustes désignés par les horticulteurs sous le nom de variété *arborea*. Ces arbustes ne sont nullement une variété au sens scientifique du terme, vu que leurs graines reproduisent toujours la forme rampante ordinaire, comme M. Hugo de Vries a soin de le faire remarquer dans son ouvrage sur la mutation des espèces[1], où se trouve une figure représentant l'un d'eux. Or il ajoute que les rameaux de ce lierre arborescent donnent parfois naissance à des pousses rampantes et la figure montre justement que ces pousses ont des feuilles de la forme juvénile.

[1] *Die Mutationstheorie*, 1, p. 32, fig. 8.

Marronnier (*Æsculus Hippocastanum* L.). — Les deux premières feuilles qui, chez cette espèce, succèdent sans transition aux cotylédons, ont déjà les mêmes dimensions et la même forme que toutes celles qui naissent ensuite sur la tige primaire, ainsi que sur l'arbre adulte. Mais elles en diffèrent cependant par un caractère de structure interne. La nervure médiane de leurs folioles est, en effet, toujours dépourvue de faisceaux intramédullaires, tandis qu'elle en contient invariablement chez toutes les autres feuilles, y compris celles de la première paire sur les rameaux axillaires. D'autre part on constate la même absence de faisceaux intramédullaires dans la nervure médiane des deux premières feuilles des pousses adventives nées sur une partie quelconque de l'arbre adulte.

Chez le marronnier les premières feuilles des pousses adventives sont ordinairement moins développées que celles de la plantule. Ainsi que l'avait remarqué Pasquale, elles n'ont quelquefois que trois folioles. Cette réduction des feuilles est même encore plus considérable à la base des pousses adventives qui surgissent en très grand nombre et en rangs serrés tout autour de la zone cambiale d'un tronc de marronnier coupé. Cela provient sans doute de ce que ces pousses se gênent mutuellement.

Charme (*Carpinus Betulus* L.). — Chez cette espèce les deux premières feuilles au-dessus des cotylédons présentent aussi un caractère juvénile dans leur structure interne. Il consiste en ce qu'elles sont dépourvues des faisceaux intracorticaux qui se trouvent dans le pétiole et la nervure médiane de toutes les autres

feuilles de l'arbre. Or ces faisceaux manquent aussi dans les premières feuilles des pousses adventives et ils font même souvent encore défaut jusque dans leur sixième feuille. Ces pousses conservent donc le caractère juvénile plus longtemps que la tige primaire. C'est ce qui arrive surtout chez celles qui proviennent des branches souterraines partant de la base du tronc.

Les bourgeons adventifs de toutes les espèces dont il vient d'être question sont d'origine endogène. Je dois ajouter qu'ils sont tous munis d'écailles au moment où ils arrivent au jour. Ceci paraît être un caractère général des bourgeons endogènes. Il se retrouve même chez des espèces qui, telles que les Pterocarya, ont des bourgeons axillaires dépourvus d'écailles, ainsi que chez celles dont la plantule n'a pas d'écailles basilaires, comme dans le cas du marronnier.

On ne trouve jamais, à la base des pousses adventives, de phyllomes semblables aux cotylédons de la plante. Ceux-ci sont une forme exclusivement propre aux embryons, et les pousses adventives ne reproduisent donc que les phases de l'évolution individuelle qui sont postérieures à la naissance des cotylédons. Sous ce rapport elles constituent une formation intermédiaire entre les embryons qui sont, comme elles, d'origine endogène et les axes végétatifs exogènes de la plante.

L'ensemble des faits que je viens d'exposer et qui se rapportent à des espèces de familles très différentes, démontre que le retour à la forme juvénile est un caractère constant des pousses adventives aériennes, c'est-à-dire nées sur les troncs ou les branches des

arbres. Je n'ai pas encore examiné moi-même, à ce point de vue, celles qui sortent des racines.

Les pousses radicales et celles issues des rhizomes, ont fait dernièrement l'objet des recherches approfondies de M. Marcel Dubard[1], qui les a étudiées chez un très grand nombre de plantes, tant ligneuses qu'herbacées. Il s'est livré, pour chaque espèce, à une étude comparative de ces pousses, non seulement sous le rapport de leur développement, mais aussi sous celui de leurs caractères morphologiques et anatomiques. Sauf quelques cas exceptionnels, qui se rencontrent chez des plantes herbacées, elles sont d'origine endogène, comme les pousses adventives aériennes[2]. Mais leur développement ultérieur diffère forcément plus ou moins de celui de ces dernières, à cause de la facilité qu'elles ont à s'enraciner elles-mêmes dans le sol.

Elles ne se trouvent donc pas dans des conditions identiques à celles qui régissent les pousses adventives aériennes, et leur développement présente des phases plus compliquées qui sont analysées d'une manière très intéressante dans le mémoire de M. Dubard. Néanmoins il ressort de ces recherches que les pousses adventives radicales présentent toujours aussi un caractère juvénile relativement aux ramifications aériennes normales. En outre, leurs premiers organes sont, dans la plupart des cas, moins différenciés que ceux de la plantule; de sorte que celle-ci représente souvent une phase de

[1] *Annales des sciences naturelles,* sér. 8, t. XVII, 1903.

[2] Le premier développement des pousses adventives radicales avait déjà été élucidé par Irmisch (*Botanische Zeitung,* 1857) et par M. W. Beijerinck (*Naturh. Verhandl. d. kon. Akad. d. Wetensch.* Amsterdam, XXV, 1886).

végétation d'ordre supérieur à celui des pousses radicales. On a vu d'ailleurs, à propos du marronnier et du charme, que les pousses adventives aériennes peuvent aussi produire des feuilles moins développées que celles de la plantule, ou conserver le caractère juvénile plus longtemps qu'elle. De plus, comme je l'ai fait remarquer précédemment, les bourgeons adventifs du tronc et des branches sont munis d'écailles, alors même que la tige primaire de la plante en est dépourvue. Ainsi les pousses adventives aériennes peuvent fort bien être, au début, moins développées que la plantule dont elles arrivent cependant toujours à reproduire les formes juvéniles.

Le caractère juvénile des pousses adventives rentre dans la loi du développement individuel de la plante et il fait partie de l'ensemble des caractères normaux de chaque espèce. Il ne faut donc pas le considérer comme un cas de variabilité régressive de l'espèce, et il n'y a pas lieu de lui attribuer, ainsi qu'on l'a fait quelquefois, l'importance d'une indication phylogénétique.

Ce qui constituerait une anomalie, une variation de l'espèce, ce serait l'apparition des formes adultes sur une jeune pousse adventive ; ou bien celle de formes juvéniles sur une des pousses ordinaires de la plante adulte. De semblables anomalies présenteront évidemment le plus grand intérêt toutes les fois qu'elles seront bien constatées. Mais il faudra, dans chaque cas de ce genre, avoir soin de s'assurer que l'on n'a pas à faire à une pousse adventive déjà âgée ou à une pousse d'apparence adventive, mais provenant en réalité d'un bourgeon dormant. En ce qui concerne les noyers, espèce dont je me suis plus spécialement occupé, il ne m'est encore jamais arrivé de voir apparaître des

folioles à bords dentelées sur les pousses ordinaires de l'arbre adulte, ni celles à bords entiers sur la tige primaire ou sur ses premières ramifications.

Je suis bien convaincu que presque tous les cas de régression morphologique observés chez les organes végétatifs de plantes adultes, doivent être attribués à la production de pousses adventives. Toutefois il faut reconnaître que les influences externes qui agissent sur une plante peuvent aussi amener accidentellement le même résultat. Ainsi, comme je l'ai rappelé tout à l'heure à propos du chêne, des intempéries éprouvées par de jeunes pousses d'origine normale, peuvent avoir pour effet de les empêcher d'atteindre leur complet développement et de leur faire conserver la forme juvénile, lorsque celle-ci est plus simple que la forme adulte, ce qui est le cas le plus ordinaire. Il ne faut pas non plus oublier les remarquables expériences dans lesquelles M. Gœbel[1] est parvenu à provoquer artificiellement le retour aux formes juvéniles, chez certaines espèces. Il a constaté, par exemple, qu'une plante de Campanula rotundifolia soumise à un éclairement insuffisant, ce qui doit évidemment la débiliter, se remet à produire dans sa région supérieure, les feuilles à limbe arrondi et à long pétiole, caractéristiques de sa première phase de plus faible intensité végétative. Dans une autre expérience, c'est en transportant dans une atmosphère humide une plante d'Acacia verticillata qu'il a réussi à lui faire reproduire sur ses rameaux supérieurs déjà munis de phyllodes, des feuilles juvéniles de la forme pinnée. Cela tenait sans doute à ce que le développement

[1] Ueber Jugendformen von Pflanzen und deren Künstliche Wiederholung. *Stitzungsber. d. Math.-phys. Cl. d. K. B. Akad. der Wiss. zu München*, 1896.

de ces dernières exige un apport d'eau plus considérable que celui qui règne d'habitude dans la partie supérieure de la plante.

La comparaison des pousses adventives endogènes avec les ramifications exogènes de la même plante est fort intéressante au point de vue biologique. En effet, ces dernières étant différentes les unes des autres, et la nature de chacune d'elles dépendant de sa position sur le végétal, il semblerait, au premier abord, que leurs pousses endogènes dussent aussi différer entre elles selon la région d'où elles émanent. Au lieu de cela, on constate qu'elles sont toutes de même nature et qu'elles évoluent de la même manière, en répétant la série des complications structurales de la plante, depuis la phase cotylédonnaire. Toutefois, ce contraste entre les deux sortes de pousses cesse d'étonner, si l'on réfléchit que la formation des pousses adventives n'est qu'une conséquence de la propriété générale en vertu de laquelle toutes les parties d'un végétal peuvent reproduire celui-ci, lorsqu'elles sont placées dans des conditions favorables et tant qu'elles renferment encore des tissus capables de développement. Il est vrai que les pousses adventives issues du corps intact de la plante ne sont pas des individus complets, puisqu'elles n'ont pas de racines. On pourrait même les comparer, sous ce rapport, à ce que sont les greffes d'une plante sur elle-même. Mais cela résulte de ce que ces pousses endogènes naissent presque sur le trajet direct des aliments, de sorte que leur développement ne nécessite pas la formation de racines spéciales, comme celui des boutures et des pousses adventives d'organes séparés de la plante.

NOTE

SUR LE

QUATERNAIRE DU SEELAND

PAR

le Dr B. ÆBERHARDT

de Bienne.

Région du lac de Bienne. — Sur la route de Bienne à Brügg, peu après la sortie du village de Madretsch, se trouvent de très belles sablières exploitées pour la ville de Bienne. La première est au niveau de la route, qui doit être, sur ce point, à la cote de 440 m.

La sablière, quoique ayant 10 m. de haut environ, présente sur toute sa hauteur une alternance de sable fin, de couches plus argileuses et de lits de petits cailloux roulés pisiformes. La stratification est irrégulière, les bancs étant en forme de lentilles concaves-convexes; les galets forment une nappe à peu près continue vers la moitié de la sablière. Ces derniers appartiennent, pour la plupart, au Malm supérieur (portlandien et kimméridien); je n'en ai trouvé aucun appartenant au dogger; les galets du crétacique jurassien sont très rares; par contre, on rencontre une certaine quantité de calcaire noir. *Je n'ai rien trouvé qui rappelât le glaciaire erratique du Rhône.*

Les couches sableuses très dévoloppées, contiennent environ 30-35 $^0/_0$ de matériaux non attaquables par HCl ; ce sont surtout des grains de quartz et d'autres éléments silicatés provenant de la molasse.

Les couches plus argileuses, tout en présentant à peu près la même composition, sont un peu plus riches en mica.

En observant la sablière, on remarque à droite un petit lambeau de terrain dissemblable, recouvrant toute la série des sables. *Il contient une quantité de blocs polis et éraillés et ne peut appartenir qu'a la moraine profonde de la dernière glaciation.*

Quelques pas plus loin, dans deux autres sablières, on peut constater la même superposition sur les sables déjà mentionnés de la moraine profonde, avec ses blocs polis et striés empâtés dans un lehm provenant de la trituration de la molasse. Les galets appartiennent à la serpentine, aux schistes chloriteux du Valais, au Verrucano, au gabbro, au calcaire noir, à la molasse grise, au calcaire crétacique jaune et au calcaire blanc du Malm du Jura ; ce sont donc les roches caractéristiques de la moraine profonde du glacier du Rhône. Puissance 1-2 m.

Quelques mètres plus bas, de l'autre côté de la voie ferrée, sortent plusieurs sources assez fortes, qui alimentent d'eau une tourbière et provoquent la présence d'une couche imperméable, molasse ou moraine profonde d'une phase antérieure du glacier. Les couches sableuses jouent ici sûrement le rôle de collecteur.

Malgré l'absence de débris organiques, je crois pouvoir considérer ces sables comme étant d'origine lacustre. Ils n'ont pu être amenés ni par la branche occi-

dentale du Rhône glaciaire, à cause de l'absence de matériaux caractéristiques valaisans, ni par la Thièle, vu la rareté des éléments du crétacique jurassien ; la Suze est le seul cours d'eau qui aurait pu les déposer, mais la nature fine des matériaux parle contre cette hypothèse.

Il est difficile de déterminer l'étendue du bassin lacustre de Bienne, mais on peut admettre qu'il recevait probablement déjà la décharge du vallon de Saint-Imier ou celui de Péry, à une époque cependant où le dogger n'était pas encore à découvert. Il devait en outre recevoir beaucoup de ruisseaux de la région molassique avoisinante. Son niveau devait être supérieur à 450 m., la tête de la sablière appartenant encore aux dépôts lacustres.

La localité méritait d'être citée puisque, par elle, on arrive à l'idée d'un *lac de Bienne antérieur à la dernière extension des glaciers*.

Terrasse de Sutz. — Un autre dépôt important pour l'histoire du lac de Bienne se trouve sur la rive droite du lac. De Nidau à Sutz la rive est basse, à deux mètres au plus au-dessus de la surface actuelle des eaux, et il est facile de constater qu'une bonne partie des prés tourbeux d'Ipsach ont été gagnés sur le lac à la suite de la correction des eaux du Jura. Or, brusquement, un peu avant *Sutz*, le sol se relève d'environ 20 m. et, à partir de là, la route Nidau-Täuffelen suit une terrasse de 1 km environ de longueur sur 500 m. de largeur maximale, sur laquelle sont construits les villages de *Sutz* et *Gerolfingen*.

Cette terrasse, dans laquelle de grandes sablières sont en pleine exploitation, cesse vers Lathrigen, et le

lac en s'élargissant, butte contre la colline molassique du Jensberg. Les matériaux des sablières sont sûrement d'origine fluviale, à voir la régularité des strates litées horizontalement ; en outre ils doivent venir de l'ouest[1], vu la grande quantité de galets du crétacique jurassien qui, avec les cailloux du Malm, forment ici à peu près la moitié de la masse des alluvions. Ils n'ont pu être amenés du sud, puisque tout le long du lac, le Jensberg et la colline de Brüttelen forment une ligne de faîte qui dépasse d'au moins 50 m. le niveau de la terrasse en question ; ils ne présentent d'ailleurs nulle part les caractères d'un dépôt de delta. Ces alluvions ont donc dû être amenées par la Thièle et par la rivière qui coulait autrefois dans la vallée morte de *Vinelz*, au sud du Jolimont, rivière que l'on suppose être la *Menthoue* du lac de Neuchâtel[2]. La formation du lac doit donc être postérieure au dépôt de ces alluvions et leur âge devient par suite intéressant à déterminer. Or, dans l'une des sablières, on remarque à la surface un dépôt de un à deux mètres de moraine de fond avec galets polis, striés et blocs anguleux de la moraine superficielle (gneiss d'Arolla); c'est elle qui probablement se continue pour former ensuite le fond du lac. Elle a laissé sur la rive un grand nombre de blocs erratiques valaisans. Le dépôt de ces alluvions est donc antérieur à la der-

[1] On sait que le crétacique s'arrête, dans la chaine du Jura, à la hauteur de Bienne, ce qui écarte la supposition d'un cours d'eau venant de l'est.

[2] Les deux vallées de la Thièle et de la Menthoue couraient autrefois parallèlement beaucoup plus loin avant de se rencontrer, et il est probable que la colline sous-lacustre de la Motte, du lac de Neuchâtel ainsi que le Jolimont et l'île de Saint-Pierre, formaient autrefois la ligne de partage des deux vallées.

nière glaciation. On rencontre en outre dans une des sablières, à la base des alluvions et engagés sous ces dernières, de gros blocs valaisans reposant sur le tertiaire, tandis que les alluvions elles-mêmes contiennent à peine quelques rares roches caractéristiques valaisannes, une euphotide, une éclogite par-ci par-là, en compagnie de calcaires tertiaires à planorbes et limnées.

Le seuil tertiaire sur lequel reposent la moraine de fond et les alluvions, se trouve ici à une altitude d'environ 440 m., soit à 10 m. au-dessus du niveau actuel des eaux du lac. Je crois donc que, sans vouloir pour le moment remonter plus en arrière dans l'histoire glaciaire de la région, on pourrait admettre les phases suivantes : *a*) Creusement des vallées de la *Thièle* et de la *Menthoue*, jusqu'à une profondeur d'environ 440 m., ces deux vallées se rencontrant à l'angle de l'île de *Saint-Pierre*.

b) Dépôt de la moraine de fond inférieure aux alluvions de *Sutz*, qui doit appartenir à l'avant-dernière glaciation.

c) Comblement des deux vallées par des alluvions jusqu'à une hauteur correspondant à la surface de la terrasse de *Sutz*.

d) Nouvelle phase d'affouillement des deux rivières, qui entament la terrasse et la molasse sous-jacente, et n'en laissent subsister que le lambeau de Sutz.

e) Dernière grande crue du glacier du Rhône, qui recouvre tout le pays de ses cailloux et de sa boue glaciaire.

Je ne veux pas pour le moment déterminer si la formation du bassin du lac de Bienne est antérieure à

la dernière glaciation et si elle est due, comme le suppose M. Schardt[1], à l'affaissement à l'époque méso-glaciaire du sol sous la charge des Préalpes, ou bien si le bassin s'est formé seulement après le retrait définitif du glacier, et si ce dernier a été un facteur important de sa création.

Il est deux faits cependant que je crois pouvoir considérer comme acquis : 1° Une nappe d'eau probablement peu étendue, dans laquelle se sont déposés les sables de *Brügg*, existait déjà avant le dépôt de la moraine de fond néoglaciaire. 2° *La création du lac de Bienne est postérieure à la terrasse de Sutz.*

Vallées de la Broye et de l'Aar. Fräschels. — La plaine du Grand Marais est ici limitée du côté du SE, par des collines molassiques de 550 m., qui la séparent des vallées de l'Aar et de la Sarine. Contre ces collines s'appuie une étroite terrasse dans laquelle ont été creusées plusieurs sablières, ainsi à la ciblerie de *Kerzers*, au sud de *Fräschels*, à *Bargen*. La plus intéressante et la plus instructive est celle de Fräschels, qui présente à la base des alluvions anciennes litées horizontalement, avec petites lentilles de sable. Les matériaux que l'on rencontre ici sont surtout des calcaires alpins gris, noirs, rouges, une roche bréchiforme du Flysch, avec quelques roches cristallines (quartzites et roche porphyroïde rouge de la nagelfluh) ; *aucune de ces roches ne trahit une origine valaisanne*; *il faut donc considérer ces alluvions comme amenées par la Broye*. Ces dépôts sont non seu-

[1] Schardt. Note préliminaire sur l'origine des lacs du pied du Jura suisse (*Eclogæ*, vol. V, n° 4, p. 258.)

lement recouverts par une couche de 2-3 m. de moraine de fond sableuse, avec galets striés, mais on peut démontrer ici que *l'érosion qui a entamé la terrasse est antérieure au dépôt de la moraine de fond néo-glaciaire*. En effet, à l'extrémité ouest de la sablière, on voit parfaitement la ligne de contact entre les alluvions et la moraine de fond descendre obliquement vers la base de la terrasse, suivant un angle de 45°. Le même fait s'observe dans une sablière à l'ouest de Walperswyl, dans la sablière à l'est de Siselen ainsi que dans l'une des sablières de Madretsch.

La présence d'alluvions amenées par la *Broye* en aval du lac de Morat, à si peu de distance de ce dernier, permet, je pense, d'établir l'âge de ce lac d'une façon assez sûre. *Il est certain, en effet, que ces alluvions n'auraient pu arriver en cet endroit si un lac avait existé dans la vallée de la Broye en amont de Fräschels, ou du moins ce lac aurait-il été comblé lors du dépôt en question*. Aussi, peut-on dire, je crois, avec assez de certitude, que lors de la dernière incursion du glacier du Rhône dans la vallée de la Broye, incursion qui avait été précédée par une phase d'érosion suffisante pour entamer la molasse, il ne se trouvait pas de lac dans la région de Morat. Selon toute probabilité, c'est en partie à l'action du glacier qu'il faut attribuer la création du lac de Morat ainsi que ceux de Bienne et Neuchâtel. *Après le dépôt des alluvions de Fräschels, la Broye a creusé son lit jusqu'à une profondeur inconnue, puis le glacier de la dernière période glaciaire est arrivé, remplaçant le modelage fluvial par le modelage glaciaire, et laissant après lui le lac*. Les alluvions de l'Aar et de la Sarine, en recouvrant transversalement

la vallée de la Broye, ont encore coopéré à hausser le niveau du lac. Je ne crois donc pas pouvoir admettre l'hypothèse de M. Schardt sur la formation des bassins lacustres du pied du Jura. En effet, cette hypothèse place la création de ces lacs dans la période mésoglaciaire, alors que les constatations faites prouvent que *le lac de Morat est postérieur au retrait du dernier glacier, ou qu'il a tout au plus précédé immédiatement l'arrivée de ce dernier*. D'autre part, l'inclinaison régulière des alluvions anciennes de la vallée de la Broye montre qu'il n'a pas pu se produire non plus d'affaissement après le dernier retrait des glaciers.

Walperswyl. — Dans la région d'Aarberg, la vallée de la Broye est parcourue par une colline haute d'environ 30 m., sur laquelle sont construits les villages de *Treiten, Finsterhennen, Siselen, Walperswyl* et *Bühl.* La colline, large de 100 à 400 m. et longue d'environ 7 km., est sans doute le prolongement de l'arête qui divise le lac de Morat en deux bassins parallèles. Elle faisait probablement partie de la ligne de faîte qui, avant la dernière glaciation, séparait la vallée de la Broye de celle de la petite Glane[1]. Plusieurs sablières ont été ouvertes dans le flanc sud de cette colline, soit dans le village de Walperswyl ou non loin de celui-ci, soit à l'est du village de Bühl, soit aux environs de Siselen, Finsterhennen, Treiten, Müntschemier. Le pied de la colline laisse voir ici comme à Fräschels, la molasse à 10 m. environ au-dessus du niveau de la plaine for-

[1] Les deux rivières qui autrefois se rencontraient à Bühl, se jettent maintenant dans le lac de Morat, à peu de distance l'une de l'autre.

mée par les alluvions récentes de l'Aar. A la surface de la molasse, soit à une altitude de 460 m. environ, se trouvent des alluvions semblables à celles de Fräschels, qui ont été amenées ici par la *Broye* et non par le Rhône néoglaciaire, comme le montre la rareté des roches valaisannes[1].

Ainsi, lors du dépôt de ces alluvions, le glacier du Rhône s'était retiré assez en arrière pour ne plus pouvoir recouvrir de ses alluvions même la partie supérieure des vallées de la Broye et de la Thièle. On pourrait donc parler ici de période interglaciaire ou, du moins, de période de grand recul pour le glacier du Rhône. Toute la colline est recouverte par la moraine de fond de la dernière période glaciaire. Les sablières de Lyss et de Studen, près Brügg, sont aussi creusées dans la terrasse de 480 m. Les matériaux qui entrent dans la composition des alluvions, sont les mêmes que ceux déjà nommés pour les sablières de Fräschels, Walperswyl, Bühl, avec, en plus, quelques galets du crétacique et du Malm du Jura associés à quelques très rares galets valaisans (euphotide, éclogite) provenant probablement de la moraine sous-jacente. *En effet, sous 20 m. d'alluvions environ, on trouve dans la principale sablière ouverte sur le flanc nord de la colline près Lyss, la moraine à blocs typiques du glacier du Rhône de l'avant-dernière glaciation*, avec cailloux polis et striés, d'euphotide, de serpentine et gros blocs polis d'éclogite, de gneiss oculaire, de brèche du Flysch, de

[1] On y rencontre par-ci par-là une éclogite, une euphotide, un galet de granit des Alpes bernoises, etc., amenés là par lévigation de la moraine profonde sous-jacente du Rhône, visible seulement à Lyss.

granit, etc. Cette moraine, assez peu épaisse, repose sur les têtes de couches de la molasse d'eau douce inférieure, plongeant ici de 40° environ vers le SE et formant le flanc sud de l'anticlinal molassique qui précède le Jura. Ainsi donc, *avant qu'arrivât dans la région le puissant glacier de l'avant-dernière période glaciaire, la Broye et la Sarine avaient passé par une longue phase d'érosion creusant la vallée jusqu'à une profondeur de 460 m. environ* et rasant dans la région de Lyss l'anticlinal dont l'axe occupait à peu près la place qu'occupe la vieille Aar actuelle. Cet ancien niveau de la vallée peut être observé en quantité d'endroits dans la région : dans une sablière ouverte dans le Jensberg, au N de Worben, dans la sablière de Studen, dans celles de Bühl, de Fräschels, etc., ainsi que dans celles de Sutz, au bord du lac de Bienne.

Les alluvions présentent des traces d'érosion dans la sablière sud, de Lyss, et sont recouvertes par 1-2 m. de moraine de fond néoglaciaire, qui contient surtout les matériaux des alluvions sous-jacentes avec quelques rares galets valaisans empâtés dans de la boue glaciaire fortement oxydée. Un peu plus à l'est, au sud du village de *Busswyl*, se trouvent des sablières où alluvions et moraine de fond supérieure sont bien à découvert.

Büttenberg. — Le Büttenberg est cette colline qui, suivant le pied du Jura de Mett, près Bienne, à Lengnau, près Granges, séparait autrefois la vallée de la Thièle de la vallée de l'Aar, quand la Thièle, au lieu de couler par le synclinal molassique entre Büttenberg et Jensberg, suivait le pied immédiat du Jura jusqu'à Granges. La colline est formée par les couches de la

molasse à plongement sud-est, parallèles aux strates de la chaîne du lac.

Or, au sommet de la colline, soit à une altitude de 550 m., à 120 m. au-dessus du fond de la vallée, au lieu appelé Bartholomeushof, sur le front nord, est ouverte une sablière. Les matériaux sont les galets de la nagelfluh du pied des Alpes, des calcaires alpins gris, noirs, des brèches du Flysch, des roches cristallines[1], avec de rares blocs et quelques galets provenant du Jura (crétacique, malm) généralement assez gros et peu arrondis. Il ne peut guère être question ici de la moraine du glacier du Rhône, car les roches du Valais font complètement défaut. *Ce sont donc probablement des alluvions amenés par la Broye, la Sarine et l'Aar*, alors que ces rivières coulaient à cette altitude. Elles sont visibles sur une hauteur de 10 m. et sont recouvertes par la moraine profonde du glacier du Rhône. Le dépôt de ces alluvions est sûrement, vu la place qu'elles occupent au sommet de la colline, antérieur au travail érosif qui a créé la vallée de 460 m., car si l'on admettait qu'elles soient postérieures à ce travail d'érosion, donc de même âge que celles de Lyss, elles auraient atteint une épaisseur égale à la différence de niveau, soit 100 m.[2]. Or ce n'est pas probable, et d'ailleurs les matériaux qui les forment ne sont pas tout à fait semblables.

Arch. — La route qui de *Granges* se rend à *Arch*,

[1] Ce sont surtout les diverses variétés de granit de la vallée de Gastern, ou les granits et gneiss de la région du Grimsel.

[2] Altitude du seuil molassique sur lequel repose la moraine de fond mésoglaciaire de Lyss : 460 m.; altitude de la surface des alluvions en question : 559 m.

au pied nord de la colline du *Bucheggberg*, traverse la plaine d'alluvions récentes de l'Aar sur une longueur de 3 kilomètres. Le village d'Arch est lui-même en partie bâti sur une terrasse de 30 m. de hauteur, dont la base est molassique, comme j'ai pu l'oberver. *On a de nouveau probablement ici le fond de l'ancienne vallée*. Je n'ai pu découvrir d'alluvions à sa surface. Par contre, un peu plus haut, au sud-ouest du village, sur la route qui conduit à Gossliwyl, on rencontre deux grandes sablières appartenant à l'Etat de Soleure. Les matériaux sont les mêmes que ceux indiqués pour la sablière du sommet du Büttenberg; on n'y trouve ni euphotide, ni éclogite, ni gneiss d'Arolla, *donc aucune des roches caractéristiques du Valais*; mais bien des calcaires alpins, des galets de la nagelfluh, des granits des vallées bernoises et quelques très rares galets du Jura. Les alluvions sont visibles sur une hauteur de 10-12 m., et se trouvent au même niveau que les précédentes, soit à une altitude d'environ 530 m. On ne peut observer dans les sablières mêmes le terrain sur lequel reposent les alluvions, mais deux ou trois mètres plus bas, dans le chemin qui y conduit, on voit pointer la marne tertiaire. En outre, un peu à l'est du village, au-dessus de la terrasse molassique de 450 m., on remarque un talus à pente rapide, caillouteuse, qui est probablement le rebord sud de la vallée telle qu'elle fut autrefois creusée par la rivière. Celle-ci, après avoir déposé les alluvions dont il vient d'être question, se creusa un chenal au travers et, attaquant la molasse sous-jacente, creusa la vallée jusqu'à l'altitude de 460 m. En effet, au-dessous du talus à pente rapide, suit une région à pente plus douce, molassique,

qui aboutit à la terrasse sur laquelle est bâti le village. Le talus à pente rapide, correspondant à la coupe des alluvions, se retrouve à divers endroits, en amont et en aval d'Arch.

Un fait à constater, et qui l'a déjà été pour la terrasse inférieure[1], c'est que les alluvions du Büttenberg et celles d'Arch n'ont pu être déposées par le fleuve descendant du bras rhénan du glacier du Rhône et encore moins par le Rhône lui-même. Si donc ces alluvions sont d'origine glaciaire, le glacier qui les a déposées devait s'être retiré bien loin du côté des Alpes, puisque celui du Rhône était assez réduit pour ne pas pénétrer dans le haut des vallées de la Broye et de la Thièle. En outre, ces alluvions se trouvant à 70 m. au-dessus de la moraine de fond de l'avant-dernière glaciation, visible dans l'une des sablières de Lyss, elles sont sûrement plus anciennes. On peut donc sans crainte de se tromper, je crois, parler ici d'alluvions fluviales et les considérer avec les érosions qui ont suivi leur dépôt, comme des preuves suffisantes d'un retrait de longue durée du glacier du Rhône de la région.

Les alluvions d'Arch forment tout le bord nord de la colline du Bucheggberg et constituent avec la moraine de fond qui les recouvre, la terrasse qui se trouve à une altitude de 530 à 550 m. Plus au sud, le Bucheggberg s'élève encore, mais on trouve dès lors toujours la molasse sous une couche plus ou moins épaisse de moraine de fond.

[1] Il est vrai d'ajouter que les alluvions de La Côte, que je considère comme étant du même âge, ne contiennent ni éclogite, ni gneiss d'Arola, etc., par contre : serpentine, poudingue du verrucano, grès houiller, qu'on ne trouve pas ici.

Meikirch. — Toute la colline du Frienisberg entre Aarberg et Berne, est formée par les couches horizontales de la molasse. Le sommet, qui se trouve à 820 m. environ, est probablement formé par les couches les plus jeunes de la molasse recouverte par la moraine de fond du glacier du Rhône qu'il est possible d'étudier en plusieurs endroits aux environs de *Wahlendorf.* J'ai cherché en vain dans la région, à l'altitude de 530 m., quelque chose rappelant les alluvions d'Arch ou du Büttenberg ; je n'ai jamais trouvé à cette altitude que la molasse recouverte par la moraine de fond [1]. Par contre, sur le flanc sud, à l'altitude d'environ 680 m., on aperçoit, au nord-ouest de Meikirch, dans les champs, une paroi rocheuse faisant saillie et formée de galets agglutinés en poudingue. Comme dans les terrasses de Büttenberg ou d'Arch, on ne rencontre ici aucune des roches caractéristiques du Valais. On y voit quelques calcaires blancs rappelant le malm du Jura, mais qui ne doivent pas venir de cette chaîne, car je n'ai pas pu trouver de galets du crétacique jurassien qui accompagneraient sûrement les galets du malm. Les galets diminuent de grosseur de la base au sommet où ils sont bien lités horizontalement et de la grosseur d'une noix, tandis que plus bas la stratification est moins nette. On trouve à la base de la sablière des blocs d'un demi-mètre cube, polis, appartenant sûrement à la moraine de fond, mais il est difficile de dire s'ils sont inférieurs aux matériaux de la sablière, donc plus vieux,

[1] Cependant, dans une sablière de Lobsigen, à l'ouest du village de Seedorf, j'ai trouvé sur la moraine des alluvions assez bien développées, mais comme elles sont fortement mélangées de sable, je les considère comme une formation locale.

où s'ils appartiennent à la moraine de fond, plus jeune, qui entoure de toutes parts le dépôt en question. Ces dépôts ne sont visibles que sur une longueur de 30 m. et ont une épaisseur de 20 m. Il m'a été impossible de les observer ailleurs. Ils forment une arête solide qui surplombe de quelques mètres le sol environnant[1].

Je ne crois pas qu'on puisse prendre cette formation pour un lambeau de moraine ; la stratification horizontale et le manque de galets striés parlent contre cette hypothèse. D'ailleurs il ne pourrait être question du glacier du Rhône, vu l'absence de matériaux valaisans caractéristiques. Pour moi, ces galets roulés sont des alluvions déposés par l'Aar à l'époque où la rivière ne s'était encore creusé qu'un chenal de 100 m. environ de profondeur dans le plateau molassique qui s'étendait des Alpes au Jura et dont les collines du plateau ne sont que les restes.

(A suivre.)

[1] Baltzer. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, XXX Lief, p. 86), en fait un dépôt de lac glaciaire, lac comparable à celui de Märjelen, et le place dans le bassin du glacier du Rhône.

LES
VARIATIONS PÉRIODIQUES DES GLACIERS

VIIIme RAPPORT, 1902

rédigé au nom de la Commission internationale des glaciers

PAR

Dr S. FINSTERWALDER
Professeur à l'École polytechnique de Munich
Président de la Commission

ET

E. MURET
Inspecteur des Forêts à Lausanne
Secrétaire de la Commission.

(*Suite et fin*[1].)

B. ALPES SCANDINAVES

I. Norvège.

(M. P.-A. Œyen, à Christiania.)

L'été de 1901 a été particulièrement chaud en Norvège ; les glaciers ont par conséquent fondu rapidement et, de mémoire d'homme, on n'avait vu les névés diminuer dans des proportions pareilles. En 1901, nous avons le Styggedalsbræ et le Breikvandsbræ (Joteuheim) en décrue et le Hardangerjökel en phase de décrue

[1] Voir *Archives*, juin 1903, p. 661.

rapide; le glacier de Buer (Folgefon) s'est retiré aussi, ainsi que le Storbraen, au N du Jotunheim. Pendant ce même été, les névés des montagnes du Hormindal ont fondu rapidement; le même phénomène s'est passé dans l'Olden, où les rivières glaciaires ont été plus grosses que de coutume. La décrue du glacier de Briksdal (Jostedalsbræ) a été très accentuée durant l'été 1901; il en a été de même pour le glacier de Mjölkevand.

Les névés ont aussi diminué pendant l'été, dans la Norvège septentrionale.

Quelques glaciers de Jotunheim ont été repérés durant l'été 1901 par des guides du Norvegian Tourist Club, afin d'en pouvoir déduire les variations futures.

Au contraire, pendant l'été de 1902, la neige a été extraordinairement persistante dans le Jotunheim. Le lac d'Inwoud était encore couvert de glace le 27 août.

Les glaciers de la région du Galdhötind semblent être stationnaires.

Le Vetlejuobræ a décru dans des proportions considérables entre 1891 et 1902. Pour la période 1901-1902, nous avons à enregistrer une crue de 20 mètres du Styggebræ, une décrue de 15 mètres du Sveljenaasbræ, tandis que le Tveraabræ, l'Heilstugnbræ et le Storjuvbræ restaient stationnaires. Le glacier de Storgrovbræ, assez réduit en 1901, a été en crue durant l'année 1902.

Durant cet été 1902, on a repéré les glaciers de Storbræ, Vetlebræ, ainsi que les deux glaciers d'Illaabræ septentrional et méridional.

En 1901, le glacier du Storbræ (Leirdal) avait reculé de 30 mètres, tandis qu'en 1902 la neige a été plus

abondante que d'ordinaire dans le Leirdal, le Gravdal, l'Utladal et le Mjölkedal.

En 1902, les glaciers de la région de Skagastöl, ainsi que l'Uranaasbræ, semblaient être stationnaires.

Dans la région du Glitretind, les neiges ont été moins abondantes que d'ordinaire et ont fondu rapidement, l'été de 1902 en revanche a été plutôt froid.

On a repéré durant l'année 1902 l'état actuel d'avancement du Glitterbræ, du Veobræ, du Blaatjernholsbræ, du Memurubræ, du Steindalsbræ, du Leirmegsbræ, du Svartdalsbræ, du Langedalsbræ et Lletmarkbræ.

Le 11 août 1902, dans la matinée, le lac glaciaire du Mjölkedalsvand supérieur s'est vidé subitement et a occasionné une inondation en aval à Mjölkedöla.

Dans l'Olden, le glacier de Briksdal a été en décrue durant l'année 1902, ainsi que le glacier de Melkevold.

Dans le voisinage du Folgefon, le Buerbræ, le Bondhusbræ, le Blaavandsbræ, le Pytbræ, le Svartdalsbræ ont donné des signes de décrue rapide pendant l'été de 1901. Pendant l'été de 1902 au contraire, le Folgefon et les glaciers ci-dessus étaient en crue.

On a relevé l'état d'avancement du Bondhusbræ en plaçant quelques repères durant l'été 1902.

Bibliographie.

J. Rekstad. — « Jagttagelser fra bræer i Sogn og Nordfjord ». *Norges geologiste undersorgelses aarbog* for 1902, n. 3.

P.-A. Oejen. — 1. « Bidrag til von brægnes geografi » *Nyt. Mag. for Naturv.* B. 37, Pag, 73-229.

2. « Variations of Norvegian Glaciers. » *Nyt. Mag. for Naturv.*, B. 39, Pag, 73-116.

3. « Vore isbræers hilvekst og aftagen. » *Der Norske turistforenings aarbog* 1901.

4. « Vore bræers oscillation. » *Naturen* 1901.

5. « Bræoscillation i Norge 1901. » *Nyt. Mag. fpr Naturv.* B. 40.

6. « Vore isbrwers forandringer 1901 ». *Die norske turistforenings aarbog* 1902.

7. « Höidemaalinger i Jotunheimen Sommeren 1902.» *Arch. f. Mathm. ag Naturv.* 1903.

8. « Meteorologiske iagttagelser i Jotunheimen Sommerin 1902. » *Arch. f. Mathm. ag Naturv.* 1903.

9. « Bræoscillation i Norge 1902. » *Nyt Mag. for Vaturv.* 1903.

10. « Höidemaalinger i Jotunheimen. » *Der Norske turistforenings aarbog* 1903.

11. « Afmorkning af norske bræer sommeren 1902. » *Vyt. Mag. for Vaturv.* 1903.

II. Suède.

M. A. Hamberg a constaté que le glacier de Mika avait cru de 5^{m} depuis 1901 et le glacier de Solta de 20^{m} depuis 1900. Le glacier de Skuova est resté en revanche stationnaire depuis 1897, autant au moins qu'on peut en juger sous l'épaisse couche de neige qui le recouvre.

C. TERRES POLAIRES

I. Grœnland.

(M. le Dr Steenstrup, à Copenhague.)

La Commission pour l'exploration géologique et géographique du Grönland a envoyé dans le Grönland

danois occidental une expédition dirigée par M. le D[r] Phil. Engell.

Les recherches devaient s'étendre sur toute la bordure de l'Inlandsis dès le 68°30 au 69°20 de latitude N. depuis Orpigsuit jusqu'à Sikuijuitzok près de Jakobshavn's Eisfjord. L'expédition s'est occupée surtout de relevés photogrammétriques du Yakobshavn's Eisfjord et de la bordure de glace s'étendant plus au S, en sorte qu'on pourra dresser une carte à grande échelle qui aidera à s'orienter lors de recherches futures. En outre on a pris depuis des points déterminés et marqués par des signaux, des photographies des glaciers et des bords de l'Inlandsis.

Tous les glaciers, dans le Jakobshavn's Eisfjord sont en phase de décrue accentuée; le fait que les rochers sont complètement dépourvus de lichens jusqu'à 5.5 m, au-dessus de la surface actuelle du glacier à son extrémité, permet d'être très affirmatif sur ce point. En outre, la langue du glacier est aujourd'hui à 4 kilomètres en arrière du point où elle était en 1883, suivant les observations faites alors par R. Hammer.

Un recul semblable dans le sens horizontal et dans le sens vertical, mais cependant plus faible, a été constaté sur les petits glaciers s'écoulant dans les fjords latéraux du Jakobshavn's Eisfjord, soit par exemple sur le Sikuijuitzok, l'Alangordlek et le Sakardlek.

Plus loin vers le sud, près d'Orpigsuit, on a aussi l'impression que la bordure de glace de l'Inlandsis se retire vers l'intérieur. A 2-3 mètres au-dessus du glacier, les rochers sont là presque complètement débarrassés de lichens et sont couverts de stries glaciaires toutes fraîches. Ici aussi, on a pris depuis des points

déterminés trigonométriquement des photographies montrant des « Nunataks » caractéristiques, en sorte qu'il sera facile de constater les variations ultérieures.

II. Georgie du Sud.

L'expédition suédoise au Pôle Sud a visité le 23 avril dernier, la Royal Bay dans la Georgie du Sud ; elle a constaté que le glacier de Ross qui, suivant les mesures faites par l'expédition allemande au Pôle Sud, s'était retiré de 800-900^{m} entre août 1882 et août 1883, a eu dès lors une phase de crue qui l'a ramené même en avant du point occupé en 1882. (*Ymer* 1902, III.)

D. HIMALAYA

(M. Charles Rabot)

Cachemire. — 1° Massif du Nanga Parba.

Glacier de Taschiny. (Voir Map of Nanga Parbat in Norman Collie, « Climbing on the Himalaya and other mountain ranges. » Edinburgh. David Douglas. 1902.)

En retrait en 1875. — En crue en 1886. (Observation personnelle.)

2° Piz Panjal Range. (Voir Map of Cashmir in Norman Collie, *Loc. cit.*)

Seulement quelques petits glaciers. — En recul avant 1884. — Légère progression quelques années plus tard.

3° Nun Kun. — En progression en 1902.

Karakorum. — 1° Vallée de Schigar. — Keera Lungman et autres glaciers. — En progression en 1895, depuis 8 à 10 ans ; ils enlèvent des terres cultivées.

2° Massif de Saser-Nubra. En légère progression en 1896.

E. ETATS-UNIS

(Prof. Harry Fielding Reid, à Baltimore.)

Les glaces détachées du glacier de Muir par le tremblement de terre de septembre 1899; empêchent toujours les bateaux à vapeur d'arriver au glacier. L'été dernier, un d'entre eux réussit pourtant à s'en approcher jusqu'à 6 kilomètres et le capitaine rapporte qu'on aperçoit maintenant le nouveau front du glacier par dessus les glaces flottantes. D'après sa description et le croquis qu'il a fait, ce nouveau front doit être à peu près à 2 $^1/_2$ kilomètres en arrière de sa position précédente; le nunatak qui bordait au N le glacier de Morse est maintenant rongé par les eaux de la passe. Il est probable aussi que le Dirt-glacier est maintenant séparé de celui de Muir.

Des explorations entreprises dans le bassin de la Copper River, ont permis de conclure que le maximum de glaciation de cette région a atteint une extension bien plus considérable qu'on ne le croyait jusqu'ici. Il semblerait que les montagnes de Wrangell et d'Alaska étaient le centre d'une grande nappe de glace, qui s'écoulait vers le sud jusque bien avant dans les monts Chugach et que cette dernière chaîne aussi, avait son versant sud recouvert d'une nappe ininterrompue de glace.

Suivant une tradition indienne, les glaciers de Miles et Childs, situés aujourd'hui sur deux rives opposées de la Copper River, se rejoignaient autrefois et la rivière coulait par dessous.

On prétend qu'entre 1894 et 1898, la partie méridionale du glacier de Miles se serait retirée de 8 à 10 kilomètres en arrière et le glacier de Childs de 500 ou 600 mètres.

De 1894 à 1902, le glacier de Valder et le glacier de Shoup qui sont tout près, se sont retirés d'un kilomètre et demi. Ce dernier s'avançait en 1884 jusqu'au niveau de l'eau. Nous n'avons point d'observations relatives aux glaciers du Mont Hoods et du Mont Adams; les chutes de neige ont été sur ce dernier, plus abondantes en 1902 qu'en 1901 et pourtant en 1901, la neige avait persisté très longtemps; on en trouvait encore en forêt au milieu d'août.

Une douzaine de petits glaciers, parmi les plus importants de ceux qui alimentent les rivières de Kern et de King dans la Sierra Nevada de Californie ont légèrement reculé ces dernières années. Les chutes de neige dans ces montagnes sont restées en dessous de la moyenne des années précédentes.

Dans les Montagnes Rocheuses du Colorado, les chutes de neige sont restées durant ces trois dernières années en dessous de l'ordinaire et la fonte durant l'été a été au contraire excessive. Le glacier d'Arapahoe est en conséquence en phase de décrue rapide, ainsi qu'en témoignent les amas de glace couverts de débris, situés en avant du glacier et maintenant séparés de lui, ainsi qu'une moraine récente, à environ douze mètres au-dessus du niveau de la glace et encore si fraîche que le gravier fin et la vase ont été à peine attaqués par la pluie. Le Prof. Tenneman pense que la glace devait atteindre encore ce niveau, moins d'un an auparavant, en sorte que nous aurions un affaissement de 12 mètres

durant ce laps de temps. Des photographies prises durant les années qui précèdent montrent la moraine dominant le glacier déjà, en sorte que si les observations relatées ci-dessus sont exactes, le glacier d'Arapahoe aurait subi durant ces quelques dernières années des fluctuations d'une violence extraordinaire. Ce petit glacier, d'une superficie seulement de trois quarts de kilomètre carré à peu près, montre extrêmement net le phénomène des bandes bleues ainsi qu'une stratification très apparente.

Un certain nombre de glaciers dans le Montana septentrional ont été visités durant l'été dernier et on en a levé le plan. Ils sont les derniers restes de glaciers beaucoup plus considérables; un ou deux seulement ont une superficie de 8 kilomètres carrés environ. Ils semblent en général occuper les plateaux situés sur les flancs des montagnes et ils sont plus larges que longs. Autant qu'on a pu l'observer, leurs moraines montrent qu'ils sont en phase de décrue.

Littérature.

W.-R. Abercrombie, — « The Copper River Exploring Expedition. » Washington, 1900.

N.-M. Tenneman. — « The Arapahoe Glacier in 1902. » *I. of Geol.*, 1902, X, p. 839.

A.-C. Scott. — « A Brief Summary of Glacier Work. » *American Geologish*, 1902, XXX, p. 215.

Plusieurs articles parus ces dernières années dans les *Annual Reports of the United States Geological Survey*. Outre quelques descriptions, les cartes montrent l'état actuel de plusieurs grands glaciers, il y a en revanche peu de renseignements concernant leurs variations actuelles.

RUSSIE

(Rapport de J. de Schokalsky)

(Retardé)

I. Caucase

Au mois d'août 1902, M. Nicolas de Poggenpohl a visité dans le massif du Kasbek les glaciers de Dewdorak, Abanoti, Tshatch et Mayli. Ces glaciers semblent entrer après une longue période de diminution, dans une phase d'augmentation de volume. Dans tous les cas, les langues terminales de ces torrents de glace, loin de témoigner comme auparavant d'une sensible ablation, sont restées stationnaires et ont gardé la même position qu'en 1901. Les grandes masses de neige accumulées sur les névés entourant le sommet du Kasbek y sont certainement pour quelque chose, et c'est à elles sans doute qu'il faut attribuer l'état d'équilibre de ces glaciers.

Désireux de savoir si le phénomène observé était général dans les montagnes du Caucase ou purement local et accidentel, M. de Poggenpohl a visité dans la haute vallée du Guisel-Don, le glacier de Djimara, qui s'écoule au NE du Djimraaï-Khokh et n'est pas en communication avec les glaciers du massif du Kasbek. Ce glacier, comme il a pu s'en convaincre, est loin d'être un glacier en crue ; au contraire, il présente tous les caractères particuliers à un torrent de glace en phase de décrue.

Dans les massifs du Caucase central, en Digorie (vallée de l'Ouroukh), il a parcouru le grand glacier de

Karagow dans toute sa longueur, jusqu'au fond de son cirque glaciaire, ainsi que celui de Bartouï situé dans une gorge latérale. Ces deux glaciers sont également en décrue manifeste, leurs langues terminales reculent et laissent à découvert le pied des moraines latérales.

Le glacier de Mayl, situé sur le versant nord du Kasbek, a surtout attiré l'attention de M. de Poggenpohl, comme ayant été le théâtre de deux terribles éboulements glaciaires à la date des 16 et 19 juillet 1902 (n. st.), éboulements qui ont détruit les bains de Kermadon, dans le haut de la vallée de Guénal-Don. Ces deux avalanches provenant de l'éboulement de sept grands névés du versant nord du Djimaraï-Khokh, se sont précipitées d'abord dans la gorge glacée de la Kolka au pied de la montagne et, passant ensuite par dessus le glacier de Mayli situé dans la vallée, elles ont parcouru ainsi plus de 10 kil., en détruisant tout sur leur passage. L'inclinaison du versant nord du Djimaraï-Khokh et l'agglomération des neiges dans les névés supérieurs, n'expliquent pas suffisamment ce phénomène dont la cause première est due sans doute à un éboulement d'origine sismique.

Mme Préobrajensky a visité deux fois pendant le mois d'août le sommet du Kasbek, soit les 23 et 26 août (n. st.). L'aspect du cône terminal était alors complètement différent de l'aspect pendant l'année 1900, alors qu'il était presque complètement dépourvu de neige, tandis que cette fois le cône en était recouvert d'une épaisse couche dont la surface était ridée de vagues hautes de 50 cent.

II. Sibérie

Nous avons reçu cette fois de plusieurs observateurs des relations concernant les phénomènes glaciaires de cette partie de l'empire russe.

Les Sajans ont été visités par M.Komaroff, principalement la partie orientale située entre Irkoutsk et le massif de Mounkou-Sardik. On trouve partout ici des preuves évidentes que les glaciers occupaient jadis des territoires beaucoup plus étendus, mais à présent leurs restes sont très réduits. Il existe, d'après M. de Komaroff, dans cette région, les glaciers suivants :

I. — Un petit glacier sur le versant S du cône principal de Mounkou-Sardik (bassin du lac de Kossogol).

II. — Un grand glacier très étroit, sur le versant nord du même cône, ayant son point de départ à la même place que le précédent (bassin de la rivière d'Oka). Ces deux glaciers ont été décrits pour la première fois par M. Raddé, en 1855.

III. — Un grand glacier sur le Pic de Khora-Khardik, situé entre les sources de la Tissa et de la Senza (affluent de l'Oka).

IV. — Deux petits glaciers sur les affluents de la rivière Zogan-gol (bassin d'Oka), vus pour la première fois par M. Jatchevski, en 1887.

M. Komaroff, dont le voyage avait avant tout un but géo-botanique, n'a pu visiter que le glacier du versant sud du Mounkou-Sardik, le 5 août (n. st.), c'est-à-dire à l'époque de sa décrue maximale, car le 15 août tous les sommets étaient recouverts de neiges fraîchement tombées. Le névé avait alors une étendue de 0,5 kil.²;

il y avait absence de moraines. La langue terminale du glacier s'amincit graduellement pour finir par disparaître ; la surface du glacier ne présente presque pas de blocs de pierres, mais elle est ridée par tout un système de crevasses transversales en forme d'arc de cercle et de crevasses longitudinales. Le glacier donne naissance à un petit ruisseau.

Les glaciers du versant sud ont au moins une longueur d'un kilomètre, avec une largeur de 400 mètres; et leur superficie, évaluée à 16 kil.[2] à peu près par Raddé, doit être en réalité beaucoup moindre. A leur partie terminale, on voit des moraines et, devant elles, un lac à demi-gelé au fond d'un cirque profond et étroit. Le névé donnant naissance à ces deux glaciers, se trouve à une altitude presque égale à celle du sommet principal du Mounkou-Sardik, soit à 3350 m., et la partie terminale des glaciers est à l'altitude de 3058 m.

Sur un versant secondaire de la même montagne, (plus à l'ouest) on a aperçu deux névés et sur les rives de la rivière s'écoulant entre les deux sommets, M. Kowaroff a entrevu en outre de grandes masses de glace bleue au fond d'une gorge profonde; il a remarqué encore un semblable amas de glace entre le deuxième et le troisième sommet de la montagne, amas donnant naissance à une rivière. Ces observations ont été faites depuis la montagne de Baïne-gol, située plus au sud, d'où on pouvait voir en outre un névé sur le quatrième sommet du Mounkou-Sardik et de grands champs de neige sur les montagnes plus à l'ouest, de l'autre côté de la frontière russe. Les autres sommets entourant le lac de Kossogol et les sources de l'Irkout et de l'Oka, sont dépourvus de glaciers.

Un autre voyageur, M. Tolmatcheff, pendant son séjour dans les montagnes d'Alatan de Kouznezk, a trouvé des traces indiscutables d'un très grand développement des glaciers, durant l'époque glaciaire, dans cette partie septentrionale de l'Altaï.

En visitant une des sources de la rivière Bély-Jys (formant avec le Tcherny-Jys et le Saral-Jys, le Tchoulym, un affluent de l'Obi), il a rencontré des vieilles moraines extrêmement hautes, ainsi que des roches striées et moutonnées. Ces moraines s'élèvent jusqu'à 100 m. au-dessus du sol et donnent à tout le paysage un aspect glaciaire caractéristique.

On peut supposer que toute la vallée où passe cette branche du Bély-Jys, a été jadis remplie par deux glaciers du type alpin qui se réunissaient dans la vallée. Chacun de ces glaciers devait constituer à son tour plusieurs bras qui occupaient une multitude de gorges profondes où on trouve à présent des lacs. Outre ces lacs, il existe ici des lacs morainiques très typiques; ces lacs se trouvent aussi en amont de la rivière Kasyre ; l'un d'entre eux est dû à un barrage par une moraine frontale et l'autre à un barrage par une moraine latérale. En 1898, M. Tolmatcheff a trouvé un lac semblable dans une autre partie de l'Altaï, près des sources de la rivière Terci, affluent du Tome.

Le profil des vallées en amont des rivières de cette contrée est en forme de U, ce qui est encore une preuve d'une glaciation antérieure de cette partie des montagnes, sur leurs versant ouest et est.

Les sommets des montagnes d'Alatan de Kousnezk devaient être libres de glaces et les glaciers disséminés ou réunis en groupes, selon les conditions hypsométriques de la contrée.

A notre époque, il n'existe point de glaciers dans ces montagnes; on ne les trouve que dans l'Altaï proprement dit, soit à 300 ou 400 kil. plus au sud.

Pendant les années 1901-1902, M. le professeur Sapojnikoff, déjà connu par ses travaux sur les glaciers de l'Altaï (v. le 6me rapport, 1900), a fait un voyage dans les parages de l'Alatan de Dsougari et dans le Tian-Chane. Les données relatives aux glaciers de la première de ces deux contrées, sont tout à fait nouvelles.

III. L'Alstan du Dsoungari.

Versant nord. — La rivière de *Kora* prend naissance à l'extrémité d'un grand glacier; il existe aussi quelques glaciers plus petits aux sources des affluents. Un autre grand glacier existe aux sources E de la rivière *Biène* (Tasta Biène). Dans la partie supérieure du bassin de l'*Aksou* il existe plusieurs glaciers; la source principale (est) prend naissance à l'extrémité de trois glaciers dont un double et un simple; outre cela, en amont des divers affluents, on rencontre encore plusieurs glaciers grands et petits ainsi que quelques glaciers suspendus. en amont des affluents situés sur la rive gauche (Kara boulak, Kara saï, Ak boulak et Demenka). En amont de l'affluent de droite, Aïdaousaï, se trouve un assez grand glacier.

Dans les vallées de la Kora, de la Biere et de l'Aksou et sur une longueur d'au moins 15-25 kil. dès leurs sources, le paysage a un aspect glaciaire typique, surtout très caractérisé dans les vallées d'Aksou et de Tosta-Biéne.

Dans la vallée de la rivière de Sarkan, on a vu de loin des glaciers situés aux sources ouest (Kara-Syryk) et est (Ak-Chinak).

Sur les rivières de Baskan et d'Annakatty, on a vu de loin de grands névés; il doit s'y trouver aussi des glaciers.

Les parties terminales des glaciers d'Aksou se trouvent à une altitude de 3000 m. environ; les glaciers de Demenké, Ak-boulak et Kora, ont leurs parties terminales à 2800 m. d'altitude; la hauteur moyenne des sommets dans la région des glaciers, est de 4000 mètres. On a relevé le plan des glaciers de l'Aksou et de celui de Demenké.

Versant sud. — Dans le bassin de la rivière d'Ousak ainsi que de ses affluents, le Ju-tas, le Kabyl et le Minjelki, on trouve aussi des glaciers. Sur le Ju-tas, il y a un assez grand glacier près de la passe de Karaboulak; sur le versant nord de cette même passe, il y a aussi un glacier. En amont d'un affluent du Ju-tas, le Kaskaboulak, il existe aussi un petit glacier.

Près de la rivière de Kabyl, dans la partie médiane de la vallée et sur son versant nord-ouest, il y a un glacier à demi-suspendu.

La rivière de Mynjelki prend naissance au pied d'un assez grand glacier.

Le Khorgoss a, à sa source ouest — Djildaïrk — quatre glaciers parallèles.

Les parties terminales de ces glaciers sont situées à la hauteur de 3200-3300 m., tandis que la chaîne elle-même est à la hauteur de 4000 m. En général, tous ces glaciers sont plus petits que ceux du versant nord. On trouve des traces de vieilles moraines dans les vallées de Jy-Tas, de Kabyl et de Djildaïryk.

IV. Le Tian-Chane.

Bassin du Sarydjas. — Sur le Sarydjas se trouve le glacier de Semenow qui semble être, d'après l'aspect de sa partie terminale, en phase de décrue; cette partie est à l'altitude de 3410 m. Dans la région du glacier principal et un peu plus à l'ouest (versant nord de la chaîne principale) s'écoulent encore douze glaciers latéraux assez grands.

Sur l'affluent de gauche — Adyr-ter — on a pu apercevoir le glacier Mouchketow, mais de loin seulement.

Sur l'affluent de droite — Achou-ter — (Baktour-boulak), il existe quatre petits glaciers.

Sur l'affluent de droite — Kouélu — se trouvent sept glaciers environnant la source principale et ses affluents : Atchik-tach, Karagoultour, Bordutere, Sarytchat et Molo. La langue terminale du glacier principal est à l'altitude de 3740 m.

Sur l'affluent de droite — Terekty — (il n'est pas marqué sur les cartes) se trouve un glacier assez grand dont on a levé un plan; sa langue terminale est située à 3400 m. La hauteur de la chaîne environnante est de 5000-5300 m.

Sur l'affluent de droite — Iir-tach — en amont de son affluent — Kouélu — se trouve un glacier de moyenne grandeur, et sur son affluent de droite — Ichigart — on a vu deux glaciers assez grands, situés plus à l'ouest que la passe du même nom.

Dans le bassin de la Tyrtchéne-Aksou, versant nord du Terskeî-taou, il existe un grand et trois petits gla-

ciers dans une phase de décrue accentuée. On trouve des moraines plus bas dans la vallée, à une distance de 25 kil. encore. La langue terminale du grand glacier est à 3455 m.

L'expédition a déterminé encore une fois la hauteur du Khan-tengri, qui est de 6890 m. Les sommets de la chaîne ayant des neiges éternelles à l'ouest du Khantengri ont approximativement la hauteur de 5500 m.

Parmi ces glaciers, quelques-uns, soit ceux de Kouélu, de Terekty, de Sarydjas et de Tourtchène-Aksou, ainsi que les deux glaciers de l'Ichigart, sont nommés pour la première fois.

La partie ouest de Tian-Chane a été visitée par M. Fedtchenko, qui a visité en outre plusieurs glaciers déjà connus dans cette région. Ce sont :

I — Les glaciers de la rivière Andaoulgan (affluent de la Pskem). En comparant leur état avec celui de 1897, on ne peut pas constater de grand changement ; on connaît à présent cinq glaciers dans cette région.

II. — Les glaciers de la rivière Maïdantal. On a découvert de même ici, en 1902, des glaciers nouveaux. Le glacier d'Ivanow a été repéré par M. Fedtchenko en 1897 (fin juillet) ; cette année on a pu constater un léger mouvement de crue.

III. — Dans le bassin de la rivière de Tchatkal, on a découvert quatre névés sur le versant ouest, très près de la passe Koul-achou.

IV. — En amont de la rivière Santalach, on a constaté la présence de deux glaciers sur la rivière Kitchi-icha-gouldy ; l'un d'eux est suspendu, l'autre atteint la partie supérieure de la vallée. Outre cela il existe ici

un groupe de quatre névés qui donnent naissance à un petit lac glaciaire.

Dans cette partie de la chaîne, il doit exister encore beaucoup de glaciers inconnus; on rencontre là, quantité de formes transitoires entre les névés et les glaciers. Il paraît que si, en général, les glaciers diminuent, cette décrue est coupée de temps en temps par des périodes d'accroissement, au moins pour quelques-uns de ces glaciers.

SUR LA

NITRATION DE L'ACÉTYLGAÏACOL

PAR

Frédéric REVERDIN et Pierre CRÉPIEUX

Barbier[1] a obtenu en dissolvant l'acétylgaïacol dans un mélange de 10 parties d'acide acétique cristallisable et de 2 parties d'acide nitrique fumant, un *nitroacétylgaïacol* F 135-136°. Ce dérivé lui a fourni par saponification au moyen de l'acide sulfurique concentré un *nitrogaïacol* F 103° (le F 183° indiqué loc. cit. provient, d'après une communication particulière de l'auteur, d'une faute d'impression). L'amidogaïacol correspondant fond à 127° et Barbier lui attribue, en se basant sur ses propriétés révélatrices et sur la différence de son point de fusion avec celui que présente le *p*-amidogaïacol décrit par Rupe[2] (F 176-177°) la constitution probable $C^6H^3.OH.OCH^3.NH^2$ 1.2.6. Ayant préparé nous-mêmes *l'éther toluène* p-*sulfonique du gaïacol*[3], nous l'avons soumis à la nitration dans les conditions indiquées ci-dessus, pensant que nous arriverions au même résultat; nous avons constaté d'abord qu'en opérant à froid, l'éther n'est pas attaqué, tandis qu'en opérant à la température du bain-marie, il se forme un dérivé *mononitré* F 145°, qui fournit par saponification

[1] *Bull. Soc. Chim.*, 1899, XXI, p. 562.
[2] *D. ch. Ges.*, 1897, XXX, p. 2445.
[3] *Archives*, 1901, t. XII, p. 325.

un *mononitrogaïacol* F 105°. Ce composé paraît identique au nitrogaïacol (F 103-104°) obtenu par Rupe (loc. cit.) par oxydation du *p*-nitrosogaïacol et qui a par conséquent la constitution $C^6H^3.OH.OCH^3.NO^2$ 1.2.4. Ce même dérivé avait déjà été décrit avec F 104° par Meldola [1]. Lorsqu'on le soumet à l'acétylation, il donne le même dérivé acétylé cristallisant en longues aiguilles blanches, F 101°, qui a été obtenu par Meldola par nitration de l'acétylgaïacol.

Comme il nous paraissait intéressant de voir si vraiment l'éther toluène-*p*-sulfonique du gaïacol donnait à la nitration un produit de constitution différente de celui que fournissait l'acétylgaïacol, nous avons répété les expériences de Barbier. En opérant à froid, nous avons obtenu, non pas un dérivé nitroacétylé, mais bien un corps jaune F 122°, correspondant au *dinitrogaïacol* déjà préparé et décrit par divers auteurs [2], et dont le *dérivé acétylé* fond à 115°.

Si, au lieu d'opérer à froid, on chauffe au bain-marie, toujours avec les proportions indiquées d'acide acétique et d'acide nitrique, on obtient le *mononitroacétylgaïacol* de Meldola, fusible à 101°, et sublimant au bain-marie en longues aiguilles blanches; il fournit par saponification le *nitrogaïacol* F 105°, identique à celui que nous avons préparé en partant de l'éther toluène-*p*-sulfonique du gaïacol. Nous avons encore répété cette nitration avec d'autres proportions d'acide acétique et d'acide nitrique et avec de l'acide nitrique de densité un peu différente.

[1] *Proc. chem. Soc.* 1896, p. 125 et *Ch. Centralblatt* 1896, II, p. 350.

[2] Herzig. *Monatsheft f. Ch.* 3, p. 825. — Rupe. *loc. cit.* — Komppa. *Ch. Centralblatt.* 1898, II, 1169.

Nous avons opéré par exemple : 1° en introduisant 2 parties d'acide nitrique de D = 1.518 dans un mélange de 1 partie d'acétylgaïacol et de 4 parties d'acide acétique cristallisable, sans refroidir au préalable ; la réaction a été très violente.

2° avec les mêmes proportions, mais en refroidissant avec de l'eau glacée. La réaction est moins violente, mais il se dégage cependant beaucoup de vapeurs rutilantes et la température monte à 70° environ comme dans l'essai n° 1.

3° avec de l'acide nitrique de D = 1.5, en refroidissant également avec de l'eau glacée ; la réaction se passe de la même manière.

Il s'est formé, dans chacun de ces cas, le dérivé *mononitroacétylé* F 101°.

Il résulte de ces expériences une constatation curieuse, c'est que la nitration de l'acétylgaïacol dans les conditions indiquées et à froid donne lieu à une désacétylation et à la formation du dérivé *dinitré*, comme l'avaient déjà remarqué Meldola, Woolcott et Wray[1], tandis qu'en opérant à chaud, l'acétyle résiste et il se forme le dérivé *mononitroacétylé*.

Quant au *nitroacétylgaïacol* F 135-136° décrit par Barbier, il constitue sans doute un isomère (comme cet auteur l'avait du reste supposé), qui s'est formé dans des conditions spéciales que ce dernier ni nous n'avons pu déterminer de nouveau. Grâce à l'obligeance de M. Barbier, nous avons eu entre les mains un échantillon de ce composé et nous avons constaté l'exactitude de son point de fusion.

[1] *Proc. chem. Soc.* 1896, p. 1321.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. Elster et H. Geitel. Sur les émanations radioactives de l'air atmosphériques (*Phys. Zeitschrift*, 1903, 4, n° 19, p. 522-530).

I. *Sur l'origine des émanations radioactives de l'air.*

L'air contenu dans les grottes et les caves possède des émanations radioactives en quantité plus considérable que ce n'est normalement le cas et qui sont en rapport très intime avec sa forte ionisation. Pour expliquer ce phénomène, on pourrait penser à une propriété encore inconnue de l'air stagnant, ou à une diffusion d'émanation radioactive à travers le sol et les parois des grottes ou des caves. Une expérience faite sur une grande quantité d'air enfermée dans une vaste chaudière pendant plusieurs semaines démontre que la première hypothèse ne saurait être admise. La seconde fut d'ailleurs confirmée par ce fait que de l'air aspiré du sol même surpasse en radioactivité l'air des grottes ou des caves. Mais l'on peut se demander si la radioactivité du sol est partout la même et indépendante de sa composition, ou si elle est due à de la matière radioactive contenue en plus ou moins grande quantité suivant la nature du sol. Diverses mesures faites en divers endroits ont parlé en faveur de cette seconde manière de voir. En prenant comme unité d'activité de l'air une décharge de 14 volts en 15 minutes et en mesurant l'activité d'échantillons d'air aspiré au moyen d'un dispositif spécial, directement de la couche superficielle de différents terrains, on trouve des activités 2, 3, 4, 12 et

même 16 fois plus considérables qne l'unité. De la terre prise à quelques centimètres au-dessous de la surface du sol, dans le jardin de Wolfenbuttel, présente une radioactivité incontestable, qui n'a pas diminué au bout de huit mois.

Différents essais faits par les auteurs sur de l'argile ont semblé prouvé que cet argile contient en quantité minime une matière radioactive primaire, qu'il serait intéressant de pouvoir concentrer ; mais les expériences à faire dans cette direction sont compliquées par ce fait curieux que l'argile contenant de la matière radioactive primaire est susceptible d'acquèrir une radioactivité induite, lorsqu'il est en contact avec l'air de la couche superficielle du sol.

L'air aspiré à travers une certaine quantité de terre semble se charger d'émanations radioactives qui deviennent assez rapidement inactives. En faisant traverser à cet air un champ électrique puissant avant de le faire parvenir à l'électromètre, on n'observe aucune différence dans la vitesse de décharge de ce dernier, que le champ soit excité ou pas. Il semble donc que ce soit une véritable émanation dont l'air se charge par son passage à travers la terre, car s'il ne s'agissait que d'une simple ionisation de l'air, son effet serait fortement diminué ou même annulé par la présence du champ électrique.

Les auteurs ont encore constaté la présence d'émanations radioactives dans des échantillons de l'acide carbonique naturel qui se dégage dans les anciennes régions volcaniques. Au bout de seize jours, le gaz avait perdu toute son activité.

Enfin, dans une expérience toute différente, ils ont introduit dans une sorte de cloche métallique renversée sur le sol et enfermant plus d'un mètre cube d'air un cylindre de carton recouvert de sulfure de zinc phosphorescent et maintenu à un potentiel négatif de 2000 à 3000 volts pendant plusieurs heures. En ressortant le sulfure de la cloche, ils constatèrent qu'il avait acquis une légère phosphorescence, alors qu'auparavant il n'en présentait pas la moindre trace. En examinant cette phosphorescence

de plus près, ils y constatèrent le scintillement particulier qu'a signalé M. Crookes.

E. Rutherford et F. Soddy. Radioactivité de l'uranium (*Phil. Mag.*, avril 1903).

La théorie de la radioactivité du thorium qui dit que la puissance radioactive constante de cet élément est causée, comme on l'a démontré, par un un état d'équilibre dans lequel la diminution de la radioactivité avec le temps est contrebalancée par une production continuelle de matière radioactive fraîche est applicable au cas de l'uranium. Cet élément, contrairement au thorium, ne produit ni émanation ni activité induite, ce qui simplifie beaucoup l'analyse expérimentale du phénomène. Sa radiation est double et comprend les rayons α, facilement absorbables, et les rayons β ou rayons pénétrants qui sont facilement déviés dans un champ magnétique. C'est aux premiers qu'est dû pour la plus grande part l'effet électrique, aux seconds, l'effet photographique presque exclusivement. L'uranium séparé de l'uranium X par les méthodes de Crookes et de Becquerel possède, bien qu'inactif sur une plaque sensible, une activité presque normale si on l'examine au point de vue électrique ; d'autre part, l'uranium X, dont la radioactivité photographique est intense, ne possède qu'une radioactivité électrique relativement faible ; sa radiation est presque exclusivement composée de rayons déviables, tandis que celle de l'uranium dont il a été séparé n'en renferme aucun. Tous les essais faits pour séparer les rayons α de l'uranium restèrent infructueux ; il faut en conclure que cette radiation α provient probablement d'une activité spécifique et inséparable de l'uranium, tandis que la radiation β est entièrement produite par une matière de type non uranium, l'uranium X.

L'uranium, séparé de l'uranium X et ne contenant plus que des radiations α, recouvre avec le temps son activité β ; l'uranium X, au contraire, devient complètement inactif au bout d'un certain temps.

Des mesures ont démontré que la quantité totale d'activité recouvrée par l'uranium est égale à la quantité totale d'activité perdue par l'uranium X. Les lois de perte et de recouvrement sont représentées comme pour le thorium par deux équations :

$$(1) \qquad \frac{I_t}{I_0} = e^{-\lambda t},$$

$$(2) \qquad \frac{I_t}{I_0} = 1 - e^{-\lambda t};$$

où I_0 représente dans les deux cas l'activité maximum (activité initiale pour le premier et finale pour le second). I_t l'activité au temps t et λ un coefficient égal dans les deux cas.

L'uranium qui a partiellement recouvré son activité β est susceptible de redonner une nouvelle quantité d'uranium X proportionnelle à l'activité recouvrée. La radioactivité constante de l'uranium est donc due à une production continuelle d'uranium X et représente le point d'équilibre pour lequel la perte d'activité de l'uranium X mêlé à l'uranium est contrebalancée par la production constante d'uranium X frais.

J.-M. Pernter. Meteorologische Optik. Optique météorologique. 2e section. p. 55 à 212. Vienne et Leipzig, W. Braumüller, 1902.

Dans ce fascicule, orné d'une quarantaine de figures, l'auteur passe en revue, sous une forme assez claire et facilement abordable, les phénomènes optiques produits exclusivement par les parties gazeuses de l'atmosphère.

Les réfractions atmosphériques normales (réfraction astronomique, réfraction terrestre et son influence sur la dépression de l'horizon) forment l'objet d'un exposé succinct dans le premier chapitre. L'auteur traite ensuite des réfractions astronomiques anormales qui, exagérant ou renversant les conditions habituelles, éloignent ou rappro-

chent suivant les cas l'horizon apparent, modifient les dimensions des objets, rendent visibles des points situés habituellement au delà de l'horizon, ou au contraire font disparaître momentanément des objets ordinairement visibles. Là rentrent aussi les mirages de toute espèce, et les déformations du soleil et de la lune près de l'horizon.

Les phénomènes analogues, mais plus compliqués, tels que le Fata morgana et ses congénères (nous avons regretté de ne pas voir citées les observations de M. Forel sur le lac de Genève), où les réfractions anormales se modifient rapidement d'un instant à l'autre, amènent par une transition naturelle au chapitre de la scintillation, qui est le plus développé et le plus important de l'ouvrage.

CHIMIE

Dr F. Winteler. Die Aluminium Industrie. Friedrich Vieweg et Fils, éditeurs, Braunschweig, 1903, 41 figures dans le texte.

Cette monographie est la bienvenue, et pour la première fois nous avons sous les yeux des données pratiques sur la fabrication industrielle de l'aluminium. Le Dr Winteler expose en un style clair et concis toute l'industrie de ce métal, basée sur les points scientifiques établis dans les laboratoires et complétés par la pratique industrielle. La partie historique est largement traitée, puis deux chapitres parlent des propriétés physiques et chimiques du métal. L'auteur aborde ensuite la partie industrielle, la préparation de l'alumine pure au moyen de la bauxite, du kaolin, de la terre de pipe et de la chryolithe. Les soins à donner à la préparation des électrodes et les méthodes pour reconnaître leurs propriétés et défauts, ainsi que celles pour les mesures des actions électriques, précèdent la description de la marche des fours électriques. Enfin le travail de l'aluminium et ses emplois sont passés en revue. La lecture de cet ouvrage intéressera tous ceux qui se préoccupent des progrès réalisés par l'industrie électrochimique.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1903

Mars.

615. Bachmann (P.) und Dziewonski (K.). Ueber die molekulare Siedepunktserhöhung von Nitrobenzol. Freiburg. II. chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 971.

616. Bamberger (Eug.). Sulfomonopersäure als Mittel zur Structurbestimmung bei Aminen. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 710.

617. Bamberger (Eug.). Ueber die Constitution des Anthranils. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 819.

618. Bamberger (Eug.). Orthohydroxylamino-, Orthonitroso-und Orthoazoxybenzylalkohol. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 836.

619. Bamberger (Eug.) und Demuth (Ed.). Oxydation des Orthoaminobenzaldehyds zu Anthranil. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 829.

620. Bamberger (Eug.) und Seligmann (Rich.). Oxydation aliphatischer Basen von Typus $C-NH_2$. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 685.

621. Bamberger (Eug.) und Seligmann (Rich.). Oxydation aliphatischer Amine vom Typus $>CH.NH_2$. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 701.

622. Bamberger (Eug.) und Seligmann (Rich.). Oxydation von Aldehydammoniak. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 817.

623. Deichler (Ch.) und Weizmann (Ch.). Studien und Synthesen in der Reihe des Naphtacenchinons. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 719.

624. Dilthey (Walther). Ueber Siliciumverbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 923.

625. Dziewonski (Karl). Ueber Dekacyclen (Trinaphtylenbenzol), einen neuen hochmolekularen aromatischen Kohlenwasserstoff, und über Dinaphtylenthiophen, einen rothen Thiokörper. Freiburg. II. chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 962.

626. Fichter (Fr.). Ueber ungesättigte Säuren. Basel. Chem. Anstalt der Univ. — *Verh. der naturf. Ges. in Basel* 16.

627. Georgievics (von) und Müller (A.). Ueber eine Fleckenbildung in Seidenstoffen. Zürich. Färberei von Baumann und Müller. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch* 2. 78.

628. Gerber (N.). Bestimmung des Fettgehaltes im Käse. Zürich. — *Milch-Zeitung* 32. 147.

629. Gnehm (R.). Zur Fleckenbildung auf Seidenstoffen. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* 2. 92.

630. Gnehm (R.). Verfälschung von Rohseide mit Fett. Zürich. Polytechn. — *Färber-Zeitung* 14. 69.

631. Goldschmidt (Carl). Ueber Formaldehyd. Genf. — *Chem.-Zeitung* 27. 218.

632. Goldschmidt (Carl). Ueber die Einwirkung des Formaldehydes auf einige Ketone. Genf. — *Chem.-Zeitung* 27. 246.

633. Goldschmidt (Carl). Ueber eine Bildung von Flavanilin. Genf. — *Chem.-Zeitung* 27. 279.

634. Græbe (C.). Ueber die Constitution der Derivate des Acenaphtens und der Naphtalsäure. Genf. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* 327. 77.

635. Grossmann (R.). Prüfung der Farbstoffe auf ihre Echtheit. Basel. Fabrikslab. von J.-R. Geigy und C°. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* 2. 100.

636. Hartwich (C.) und Uhlmann (W.). Ueber den Nachweis fetter Oele durch mikrochemische Verseifung. Zürich. Pharm. Abteilung des Polytechn. — *Archiv der Pharm.* 241. 111.

637. Hediger (Stephan). Synthese der Benznorcarencarbonsäure aus Diazoessigaethylester und Naphtalin. *Dissert.* Zürich.

303 *bis*. Hübner (Rudolf). Beiträge zur Kenntnis von Oxydationen aromatischer Amine. *Dissert.* Zürich (Prof. Bamberger).

562 *ter*. Jomini (Paul). Recherches sur les limites de combustibilité et la combustion dans les mélanges gazeux. *Thèse.* Lausanne (Prof. Pelet).

638. KAUFLER (Felix). Zur Kenntniss des Indanthrens. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 36. 930.

639. KAUFLER (Felix). Ueber die Einwirkung aromatischer Amine auf 1,5-Dinitroanthrachinon. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* 2. 69.

640. KREIS (Hans). Neue Laboratoriums-Apparate. Basel. — *Chem.-Zeitung* 27. 281.

641. KUNZ (Jacob). Ueber die Abhängigkeit der elektrolytischen Leitfähigkeit von der Temperatur unter 0°. Zürich. — *Zeitschr. physikal Ch.* 42. 591.

387 *bis*. LAMPE (Victor). Zur Kenntnis des Brasilins. Zur Kenntnis des Rhamnetins. *Dissert*. Bern (Prof. v. Kostanecki).

642. LEVINSOHN (Samuel). Méthode générale pour la préparation des acides oxynaphtoylbenzoïques. *Thèse*. Genève (Dr Weizmann).

643. LORENZ (R.). Ueber die Elektrolyse von geschmolzenem Aetznatron nebst einigen allgemeinen Bemerkungen über die Methodik der Zersetzungsspannungen. Zürich. — *Zeitschr. Elecktroch.* 9. 155.

644. LUNGE (G.). Zur Kenntnis der Nitrocellulosen. Zürich. — *Zeitschr. angew. Ch.* 16. 197.

645. MAI (J.) und SCHAFFER (F.). Ueber das Phosphorsesquisulfid. Bern. — *Berichte* 36. 870.

646. MOGILEWA (Affanasia). Ueber die Wirkung einiger Kakteenalkaloïde auf das Froschherz. *Dissert*. Bern. (Prof. Heffter).

647. OSWALD (A.). Ueber die jodbindende Gruppe der Proteinstoffe. Zürich. Chem. Lab. der medizin. Klinik. — *Beitr. z. chem. Physiol.* 3. 514.

648. PELET (L.) et JOMINI (P.). La combustion dans les mélanges gazeux autres que l'air. Lausanne. Univ. — *Bull. de la Société chimique* 29. 197.

649. RENARD (Th.). Mesures de tensions superficielles à l'air libre. *Thèse*. Genève (Prof. Guye).

599 *bis*. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Sur quelques dérivés de la diphénylamine et des tolylphénylamines. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* 29. 235.

599 *ter*. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Sur quelques dérivés de la diphénylamine et des tolylphénylamines. Genève. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* 15. 302.

650. ROUDSTEIN (Salomon). Sur le N-phénylpyrrol, le N-benzoyl-

pyrrol et quelques-uns de leurs dérivés. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

313 *bis.* Rozenband (Mélanie). Etude sur des dérivés de l'amino-phénylnaphtacridine. *Thèse.* Genève (Dr Ullmann).

319 *bis.* Rudolf (Leo). Beiträge zur Kenntnis der Aminoxyde. *Dissert.* Zürich (Prof. Bamberger).

338 *bis.* Ruijter de Wildt (J.-C. de). Synthese des 1,3-Dioxy-chromons. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

651. Scheuermann (Béda). Ueber die Sublimation der Anthranilsäure im Vacuum. Basel. Phys.-chem. Lab. der Univ. — *Chem.-Zeitung* **27**. 245.

652. Schloss (Albert). Ueber die Einwirkung von Königswasser und Bromkönigswasser auf Anilide, sowie von Bromkönigswasser auf Salicylsäure. *Dissert.* Lausanne. (Prof. Brunner).

653. Schulze (E.). Ueber Tyrosinbildung in den keimenden Samen von Lupinus albus und über den Abbau primärer Eiweisszersetzungsprodukte in dem Keimpflanzen. Zürich. — *Ber. dtsch. botan. Ges.* **21**. 64.

654. Seligmann (Richard). Notiz über die Einwirkung von Natronlauge auf die Nitrobenzaldehyde. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 818.

655. Simon (Nikolaus). Ueber Darstellung und Zusammensetzung von Rauchopium. *Dissert.* Zürich (Prof. Hartwich).

656. Spahr (Albert). Des thiocyanates d'aryles et de leur action sur l'acide thioacétique et le sulfhydrate d'éthyle. *Thèse.* Neuchâtel (Prof. Billeter).

657. Treadwell (F.-P.) und Koch (A.-A.). Ueber die Bestimmung der Kohle im Pyrit. Zürich. Chem.-anal. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. angew. Ch.* **16**. 173.

658. Tschirch (A.) und Saal (Otto). Ueber das Carana-Elemi von Protium Carana. Bern. Pharm. Inst. der Uuiv. — *Arch. der Pharm.* **241**. 149.

659. Ullmann (Fritz). Ueber die Verwendung von Dimethylsulfat als Alkylirungsmittel. Genf. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **327**. 104.

660. Ullmann (F.) und Grether (E.). Ueber Diaminophenylnaphtacridin. Genf. Chem. Lab. der Univ. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* **2**. 89.

467 *bis.* Ullmann (F.) und Wenner (P.). Ueber die Verwendung von p-Toluolsulfonsäureester als Alkylirungsmittel. Genf. Chem. Lab. der Univ. — *Annalen* **327**. 120.

661. Walter (Johann). Aus der Praxis der Anilinfarbenfabrikation. (Hannover 1903). Genf.

662. Wanner (Fr.). Beiträge zur Chemie des Sputums. Basel. Med. Klinik. — *D. Arch. Klin. Med.* 75. 347.

Avril

663. Chuard (E.). Procédé pour la détermination rapide des limites du soufrage dans un vin. Lausanne. — *Chronique agr. du canton de Vaud.*

257 *bis*. Chuard (E.) et Porchet (F.). Statistique analytique des vins vaudois. Vins de l'année 1901. Lausanne 1903.

664. Decker (H.). Ueber einige Ammoniumverbindungen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1205.

665. Decker (H.) und Engler (H.). Ueber einige Ammoniumverbindungen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1169.

666. Ephraïm (Fritz). Ueber Regelmässigkeiten in der Zusammensetzung der Halogendoppelsalze. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* 36. 1177.

667. Ephraïm (Fritz). Ueber die Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure auf Vanadinsäure. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* 35. 66.

668. Ephraïm (Fritz). Versuche zur Darstellung chlorhaltiger Doppelverbindungen des Vanadinpentoxyds. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. anorg. Ch.* 35. 71.

669. Ephraïm (Fritz). Notiz über die Konstitution der Vanadindoppelfluoride. Bern. Anorg. Lab. der Uuiv. — *Zeitschr. anorg. Ch.* 35. 80.

670. Falta (W.). und Langstein (Leo). Die Entstehung von Homogentisinsäure aus Phenylalanin. Basel. Medizin. Klinik. — *Zeitschr. physiol. Ch.* 37. 513.

468 *bis*. Fichter (Fr.) und Beisswenger (Alfred). Die Reduktion des Glutarsäureanhydrids zum δ-Valerolacton. Basel. Univ.-Lab. I. — *Berichte* 36. 1200.

671. Graebe (C.) und Martz (E.). Ueber Synthese der Sinapinsäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1031.

672. Höber (Rudolf). Die Acidität des Harns vom Standpunkt der Lonenlehre. Zürich. Physiol. Inst. der Univ. — *Beitr. chem. Physiol.* 3. 525.

673. Kraft (F.). Filmaron, der wirksame Bestandteil des Filixextrakts. Brugg. — *Pharm.-Zeitung* 48. 275.

674. Kreis (Hans). Ueber den Gehalt des Stärkesirups an schwefliger Säure. Basel. — *Zeitschr. öffentl. Ch.* 9. 143.

675. Kreis (Hans) und Hafner (August). Ueber natürlich vor-

kommendes und synthetisches Palmitodistearin. Basel. Techn.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* 36. 1123.

676. KULKA (Otto). Zur Kenntnis der Trialkylæther des Oxyhydrochinons. Bern. — *Chem.-Zeitung* 27. 407.

677. LEHNER (Alfred). Modification des Landsberger'schen Apparates für Molekulargewichtsbestimmung. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 36. 1105.

678. LORENZ (Richard). Ueber die Elektrolyse von geschmolzenem Aetznatron. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* 9. 333.

679. LORENZ (R.) und CLARK (W.) Ueber die Darstellung von Kalium aus geschmolzenem Aetzkali. Zürich. — *Zeitschr. Elektroch.* 9. 269.

646 *bis*. MOGILEWA (Affanasia). Ueder die Wirkung einiger Kakteenalkaloïde auf das Froschherz. Bern. Inst. für mediz. Ch. — *Arch. exp. Pathol.* 49. 137.

680. PFEIFFER (P.) und HAIMANN (M.). Tripropylendiaminchromsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1063.

681. PFEIFFER (P.) und LEHNARDT (R.). Monomethylzinnverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1054.

682. PREISWERK (Ernst). Ueber 1-Methyl-trimethylen-2.3 3-tricarbonsäure. Basel. Univ.-Lab. I. — *Berichte* 36. 1085.

683. RUPE (Hans). Ueber den Einfluss der Kohlenstoffdoppelbindung auf das Drehungsvermögen optisch activer Substanzen. Basel. — *Annalen* 327. 157.

684. RUPE (Hans) und METZ (Gustav). Ueber die Synthese von Phenyloxytriazolen und über sterische Hinderung. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* 36. 1092.

685. RUPE (Hans) und LABHARDT (Hans). Bemerkung zu vorstehender Abhandlung über Phenyloxytriazole. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* 36. 1103.

686. RÜST (C.). Anleitung zur Darstellung anorganischer Präparate (Suttgart 1903) Genf.

687. SANDMEYER (T.) Ueber die Synthese von Indigo aus Thiocarbanilid. Basel. Lab. von Geigy und C°. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* 2. 129.

688. ULLMANN (F.). Ueber Acridinsynthesen aus Aldehyden und aromatischen Basen. Genf. Univ.-Lab. *Berichte* 36. 1017.

689. ULLMANN (F.) und FETVADJAN (A.). Ueber Dinaphtacridine. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 1027.

Mai

615 *bis*. Bachmann (Paul) et Dziewonski (Charles). Quelques essais sur l'élévation moléculaire constante du point d'ébullition du nitrobenzène. Fribourg. Inst. de Chimie II. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **29**. 386.

464 *bis*. Baezner (Carlo). Transformations du chlorure de benzyle o-nitré en dérivés acridiniques. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

690. Bamberger (Eug.) und Blangey (Louis). Synthese der Chinole. Zürich. Anal-chem. Lab. des Polytechn.— *Berichte* **36**. 1625.

691. Bamberger (Eug.) und Elger (Franz). Ueber die Reduktion des Orthonitroacetophenons, ein Beitrag zur Kenntniss der ersten Indigosynthese. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 1611.

692. Bickern (W.). Beitrag zur Kenntnis der Casimiroa edulis. Zürich. Pharm. Abt. des Polytechn. — *Arch. der Pharm.* **241**. 166.

693. Bühler (Emil). Ueber ein Oxydationsprodukt von Orthoamido-m-Kresol. Ueber Amino-Naphtacridinsynthesen. *Diss.* Genf (Dr Kehrmann und Dr Ullmann).

694. Delétra (Ernest). Recherches sur la transformation des dérivés phénazimidés en carbazols. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

695. Dilthey (Walther). Ueber Siliciumverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**, 1595.

625 *bis*. Dziewonski (Charles). Synthèse d'un nouvel hydrocarbure aromatique, décacyclène (trinaphtylène-benzène), et d'un dérivé du thiophène de couleur rouge, dinaphtylène-thiophène. Fribourg. Inst. de chimie II de l'Univ. — *Bull. de la Soc. chimique* **29**. 374.

696. Fichter (Fr.) und Grether (Ernst). Ein neuer Benzolringschluss. Basel. Univ.-Lab. I. — *Berichte* **36**. 1407.

697. Goldschmidt (Carl). Ueber Formaldehyd. Genf. *Chem.-Zeitung* **27**. 484.

516 *bis*. Guye (Ph.-A.) et Bogdan (St.). Méthodes rapides pour l'analyse physico-chimique des liquides physiologiques. Genève.-*Arch. des Sc. phys. et nat.* **15**. 502.

698. Kaufler (Felix). Ueber Indanthren. Zürichn. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 1721.

699. Reverdin (Frédéric). Notiz über p-Chlor-o-nitranisol. Genf. — *Berichte* **36**. 1689.

700. Schulze (E.) und Castoro (N.). Beiträge zur Kenntnis der Zusammensetzung und des Stoffwechsels der Keimpflanzen. Zürich. Agr.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **38**. 199.

701. Sidler (Franz). Pasteurisierte, sterilisierte, maternisierte und humanisierte Kindermilch. Zürich. Hygiene-Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **41**. 205, 217.

702. Weber (G.). Reaktionen von neueren künstlichen Farbstoffen auf der Faser. Zürich.— *Färber-Zeitung* **14**. 139, 163.

703. Weiss (Joseph). Der Einfluss von Einatmung alkalischer Stoffe auf die Alkalescenz des Blutes. Basel. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **38**. 46.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1903

Le 1er, pluie dans la nuit, à 1 h. et à 4 h. du soir; fort vent à 1 h. du soir.
3, forte rosée le matin et très forte bise pendant toute la journée.
4, très forte bise pendant toute la journée.
5, forte bise à 10 h. du matin.
7, forte bise à 10 h. du matin.
8, forte bise le matin ; pluie depuis 10 h. du soir.
9, pluie dans la nuit et à 6 h. du soir ; courone lunaire.
10, pluie dans la nuit et depuis 3 h. 30 m. du soir.
11, pluie dans la nuit.
12, forte rosée le matin; forte bise à 1 h. du soir; pluie depuis 9 h. du soir.
13, pluie dans la nuit; légère averse dans l'après-midi.
14, pluie dans la nuit.
15, fort vent à 4 h. du soir ; légère averse après 10 h. du soir.
16, fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir; pluie à 10 h. du soir.
17, fort vent à 10 h. du matin.
19, pluie dans la nuit jusqu'à 1 h. du soir.
20, pluie dans la nuit; forte averse avec grésil à 1 h. 30 m. et pluie depuis 9 h du soir.
21, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir.
22, pluie dans la nuit et forte bise depuis 10 h. du matin.
23, forte bise à 7 h. du matin.
24, forte rosée le matin.
25, forte rosée le matin.
26, forte rosée le matin.
27, forte rosée le matin.
28, rosée le matin.
29, rosée le matin; éclairs au N. et NNE. dans la soirée.
30, fort orage à 11 h. 20 m. au NNW. de la ville; fort orage et pluie pendant la plus grande partie de l'après-midi.

GENÈVE — JUIN 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	22.4	22.1	23.2	22.33	− 3.96	21.7	23.3	S. 0	SSE. 2	SSW. 1	SSW. 1	1.3	8	10	10	9	....	0.1	....
2	22.9	21.5	21.6	22.01	− 4.32	20.4	23.1	SW. 1	N. 1	NW. 0	var.	2.3	10	6	8	8	5.5	....	....
3	21.1	20.4	20.9	20.61	− 5.77	19.7	21.3	N. 1	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 3	21.1	4	5	10	5	7.2	....	....
4	21.6	23.3	25.5	23.06	− 3.36	21.3	25.6	NNE. 3	NNE. 4	NNE. 3	NNE. 4	**39.6**	10	10	10	10	...	....	....
5	26.4	27.1	28.2	26.81	+ 0.35	25.6	28.6	NNE 1	NNE. 1	N. 1	NNE. 2	15.7	7	9	10	8	..	....	....
6	29.9	28.8	27.3	28.61	+ 2.11	26.9	29.9	N. 1	N. 1	NNE. 1	N. 1	6.3	0	0	1	1	**12.5**	....	....
7	27.2	25.4	23.0	25.48	− 1.06	22.3	27.6	NNE. 1	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	10.5	2	1	1	3	7.3	....	....
8	19.6	20.0	21.3	20.62	− 5.96	19.5	22.0	NNE. 2	NNE. 1	NE. 1	NNE. 1	12.5	10	10	10	10	...	3.5	4
9	21.7	20.5	20.7	20.95	− 5.67	19.9	21.8	NE. 1	N. 1	N. 0	N. 1	4.6	8	9	10	7	7.1	0.5	1
10	21.5	21.7	24.2	22.01	− 4.65	20.9	24.4	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	4.2	10	10	10	10	...	11.0	11
11	24.7	24.8	25.0	24.70	− 2.00	24.3	25.3	E. 0	NNW. 1	S. 1	NNE. 1	1.7	10	7	2	6	3.2	....	....
12	24.5	23.0	23.4	23.74	− 3.00	22.7	25.0	SW. 0	NNE. 2	S. 0	var.	8.7	1	5	10	7	5.4	8.3	3
13	22.9	22.2	23.6	22.73	− 4.05	22.0	23.6	S. 0	SSW. 1	S. 0	var.	2.1	9	9	10	10	0.5	1.6	2
14	21.9	21.3	23.3	22.18	− 4.63	21.2	23.4	SSW. 1	W. 1	SSE. 1	var.	4.2	10	10	10	10	0.2	....	....
15	22.1	21.7	22.2	22.11	− 4.74	21.2	22.7	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	11.6	7	5	6	7	7.8	....	....
16	23.6	24.5	25.6	24.17	− 2.72	22.6	26.0	WSW. 2	SSW. 2	S. 1	SSW. 2	16.7	9	5	7	8	3.4	....	....
17	25.3	24.1	23.8	24.59	− 2.33	23.7	25.8	SSW. 1	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	10.5	9	5	1	6	7.8	....	....
18	23.0	20.1	18.7	21.07	− 5.89	18.2	23.5	S. 0	NNW. 1	NW. 0	SSW. 1	5.3	6	10	10	9	1.4	2.6	3
19	17.6	17.8	19.6	**18.12**	**− 8.87**	**16.8**	20.0	E. 0	SSW. 1	WSW. 1	var.	5.0	10	10	8	10	....	4.9	4
20	21.2	20.7	22.9	21.28	− 5.75	19.8	23.6	N. 1	SSW. 2	WSW. 1	var.	6.3	10	9	10	9	3.5	18.9	**15**
21	24.7	26.1	29.2	26.17	− 0.89	24.0	29.4	SSW. 1	WSW 1	S. 0	SSW. 1	6.9	10	10	10	10	...	1.9	5
22	29.5	29.0	29.8	29.25	+ 2.16	29.0	29.8	N. 1	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	16.6	10	7	9	8	4.5	....	....
23	28.8	28.5	27.9	28.41	+ 1.29	27.6	29.0	NNE. 2	NNE 1	NE. 1	NNE. 1	12.5	10	7	7	6	5.0	....	....
24	27.6	27.2	28.7	27.73	+ 0.07	27.2	28.9	S 0	N. 0	N. 0	N. 1	4.2	5	10	9	8	1.4	....	....
25	29.7	29.0	30.4	29.35	+ 2.16	28.7	30.6	SW. 0	NNE. 1	SW. 0	NNE. 1	3.1	1	1	1	3	9.7	....	....
26	31.7	31.0	31.6	31.13	+ 3.91	30.6	31.8	E. 0	NNE. 1	SSW. 1	NNE. 1	4.2	1	0	0	0	**12.5**	....	....
27	31.7	30.5	30.4	30.82	+ 3.57	29.8	31.7	S. 0	NNE. 1	S. 1	N. 1	3.5	1	6	0	3	11.1	....	....
28	31.2	30.4	30.0	30.54	+ 3.26	29.7	31.2	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	2.5	0	0	0	0	**12.5**	....	....
29	31.2	30.6	30.5	30.67	+ 3.37	29.7	31.2	N 0	N. 1	NE. 0	N. 1	1.5	0	0	5	1	12.3	....	....
30	30.3	30.4	32.8	**31.25**	**+ 3.92**	30.0	**33.0**	S. 0	ESE. 2	SW. 0	var.	1.5	4	10	9	8	4.2	**22.0**	8
Mois	25.25	24.78	25.51	25.08	− 2.11							8.32	6.4	6.5	6.8	6.7	159.0	75.3	56

GENÈVE — JUIN 1903

Jour du Mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+15.2	+19.4	+15.7	+16.26	+ 0.92	+12.4	+20.8	82	62	80	81	+11	62	97	15.5	+ 1.8	1350
2	14.0	21.5	16.4	17.21	+ 1.75	12.0	23.2	82	40	71	69	− 1	40	90	12.7	− 1.1	1352
3	14.8	18.2	15.8	15.67	+ 0.09	11.3	19.0	71	67	70	73	+ 3	67	84	13.1	− 0.8	1380
4	12.8	13.6	14.2	13.55	− 2.15	12.8	14.2	79	73	74	77	+ 7	73	81	11.5	+ 0.4	1455
5	13.6	18.8	15.9	15.12	− 0.10	12.7	19.8	68	58	69	66	− 1	58	73	14.3	+ 0.1	1395
6	13.6	19.8	17.1	16.28	+ 0.31	9.3	21.0	63	48	63	61	− 9	36	80	14.5	+ 0.2	1390
7	13.6	19.0	15.8	16.05	− 0.01	12.4	22.0	72	59	64	65	− 5	51	75	....	.....	1375
8	11.3	11.4	10.6	**11.64**	− 4.53	10.2	13.5	69	70	78	73	+ 3	68	85	15.1	+ 0.6	1405
9	11.8	19.4	14.9	14.84	− 1.44	9.3	22.0	86	51	88	73	+ 3	45	90	15.0	+ 0.3	1390
10	13.4	16.2	12.1	13.92	− 2.47	11.6	18.0	77	68	93	83	+13	68	94	14.8	0.0	1385
11	12.0	14.0	13.1	13.16	− 3.31	10.4	18.8	98	80	83	83	+13	60	100	14.6	− 0.3	1394
12	12.2	18.0	13.7	13.55	− 3.06	7.9	19.9	83	64	83	80	+10	58	98	14.8	− 0.2	1390
13	13.4	17.8	12.2	14.13	− 2.58	11.4	20.2	91	63	93	84	+14	63	98	15.1	0.0	1377
14	11.1	18.4	10.2	12.59	− 4.23	10.0	19.0	79	48	80	72	+ 2	48	87	....	.....	1350
15	11.4	16.0	11.6	12.86	− 3.06	8.7	18.6	57	43	66	57	−13	37	78	11.3	− 4.0	1348
16	11.6	17.0	13.4	13.50	− 3.52	10.0	18.5	51	41	61	**51**	**−16**	42	69	11.9	− 3.5	1355
17	13.4	19.1	13.9	15.05	− 1.06	11.2	20.8	67	38	60	56	−14	35	75	9.8	− 5.7	1330
18	12.0	18.0	14.0	14.06	− 3.15	8.2	22.8	75	62	88	72	+ 2	50	91	9.5	− 6.1	1353
19	12.8	16.8	12.5	14.32	− 2.98	12.2	18.0	90	80	79	78	+ 8	57	90	9.3	− 6.4	1362
20	12.2	19.6	12.4	13.85	− 3.54	9.7	21.3	87	65	89	81	+11	65	97	9.1	− 6.7	1353
21	12.1	15.4	11.1	12.34	− **5.14**	10.5	16.1	87	65	85	82	+12	65	93	....	.....	1353
22	11.7	15.8	11.6	12.71	− 4.86	10.0	17.5	79	60	73	71	+ 1	60	82	9.6	− 6.5	1350
23	11.0	15.0	13.8	13.13	− 4.52	9.7	17.9	76	65	74	70	0	56	80	11.0	− 5.2	1358
24	11.8	14.8	14.0	13.01	− 4.72	**7.8**	18.9	83	82	80	81	+11	62	90	11.2	− 5.1	1400
25	14.2	21.6	21.0	17.59	− 0.22	10.0	24.0	81	46	57	65	− 4	36	90	11.6	− 4.8	1360
26	16.0	22.0	18.0	17.95	+ 0.07	10.8	24.9	72	46	43	61	− 8	36	85	13.4	− 3.0	1365
27	16.9	23.0	18.4	18.60	+ 0.64	12.0	25.0	72	48	70	65	− 4	48	88	15.8	− 0.7	1362
28	17.4	24.0	21.8	20.17	+ 2.14	12.5	27.0	72	49	70	62	− 7	40	80	...	.....	1400
29	19.0	26.6	24.0	**22.29**	+ **4.20**	13.8	**30.1**	77	41	55	59	−10	**33**	85	17.7	+ 1.0	1387
30	21.2	17.8	14.3	17.55	− 0.61	11.0	26.0	70	92	98	**86**	**+17**	62	98	17.7	+ 0.9	1367
Mois	+13.58	+18.27	+14.78	+15.11	− 1.70	+10.83	+20.73	76	59	75	71	+ 1			13.19	− 2.15	1373

MOYENNES DE GENÈVE. — JUIN 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	23.50	23.19	23.43	23.36	23.08	22.67	23.02	23.72	23.25
2e »	22.92	22.42	22.69	22.48	22.01	21.86	22.40	22.96	22.47
3e »	29.36	29.28	29.63	29.48	29.26	29.36	29.60	30.26	29.53
Mois	25.26	24.96	25.25	25.11	24.78	24.63	25.01	25.65	25.08

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc	+13.12	+12.00	+13.41	+15.99	+17.73	+17.67	+16.32	+14.44	+15.08
2e »	11.18	10.30	12.21	14.98	17.47	16.93	14.44	12.15	13.71
3e »	13.13	11.74	15.13	18.20	19.60	19.99	18.55	15.93	16.53
Mois	+12.48	+11.35	+13.58	+16.39	+18.27	+18.20	+16.44	+14.17	+15.11

Fraction de saturation en %

1re décade	81	82	75	68	60	63	70	77	72
2e »	82	85	78	67	59	55	65	82	72
3e »	79	86	77	63	59	57	64	76	70
Mois	81	84	76	66	59	59	67	78	71

Dans ce mois l'air a été calme 228 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{117}{39} = 3.0.$

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 11°.12 E.

Son intensité est égale à 41.4 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	725.18
Nébulosité..................	6.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+15°.54
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+15°.35
Fraction de saturation........	70 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	727.19
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	5.4
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	76mm.0
Nombre de jours de pluie. (id.).	11
Température moyenne... (id.).	+16°.81
Fraction de saturat. (1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	Céligny	Collex	Chambésy	Chatelaine	Satigny	Athenaz	Compesières
Hauteur d'eau en mm.	75.2	102.7	93.8	78.5	83.0	69.0	88.5

Station	Veyrier	Observatoire	Cologny	Puplinge	Jussy	Hermance
Hauteur d'eau en mm.	86.7	75.3	83 9	72.4	65.5	77.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 149h.9.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1903

Le 1er, fort vent et pluie dans l'après-midi.
3, pluie.
4, pluie.
6, forte bise.
7, forte bise l'après midi.
8 et 9, très fort vent.
10, pluie.
11, pluie.
12, neige dans l'après-midi.
13, pluie.
14, neige dans l'après-midi.
15 et 16, fort vent; pluie et neige.
17, fort vent.
18 et 19, très fort vent; pluie.
20, pluie.
21 et 22, forte bise.
30, pluie.

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.8	63.3	63.7	63.3	− 2.4	62.5	64.0	SW. 1	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	13.5	....
2	63.0	63.0	62.9	63.0	− 2.8	62.5	63.2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	8	6	8	0.8	....
3	62.3	62.5	63.0	62.6	− 3.3	62.0	63.4	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	9	4	10	8	8.4	....
4	61.8	63.3	65.3	63.5	− 2.4	61.0	66.0	SW. 1	SW. 2	NE. 1	var.	5	4	10	6	2.0	....
5	66.5	66.8	67.7	67.0	+ 1.0	66.3	67.9	SW. 1	SW. 1	NE. 1	var.	5	2	3	3	....	....
6	68.3	68.8	68.5	68.5	+ 2.4	68.0	69.1	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	2	2	10	5	....	....
7	66.4	65.7	63.7	65.3	− 0.9	62.1	66.5	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	0	1	8	3	....	....
8	59.0	59.1	61.8	**60.0**	− 6.3	**58.8**	62.0	SW. 2	SW. 3	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	....	....
9	62.9	62.9	62.9	62.9	− 3.4	62.5	63.2	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW 3	10	10	10	10	....	....
10	62.7	61.7	62.4	62.3	− 4.1	61.0	63.1	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	**26.3**	....
11	62.7	62.5	64.1	63.1	− 3.4	62.5	64.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	20.3	....
12	63.4	63.4	63.1	63.3	− 3.3	62.8	63.5	NE. 2	NE. 1	SW. 2	var.	8	10	10	9	5.8	....
13	62.5	62.5	62.2	62.4	− 4.3	61.9	62.9	SW. 1	SW. 1	NE. 2	var.	8	6	10	8	14.0	....
14	60.3	59.8	60.3	60.1	− **6,7**	59.1	60.9	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	10	10	10	13.5	10
15	59.6	60.5	60.8	60.3	− 6.5	59.0	61.0	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	7	4	8	6	....	....
16	61.5	62.4	62.7	62.2	− 4.7	61.0	63.0	SW. 3	SW. 4	SW. 2	SW. 3	2	8	1	4	....	....
17	63.4	63.7	64.3	63.8	− 3.2	63.0	64.8	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	1	3	5	3	....	....
18	63.7	63.0	62.1	62.9	− 4.1	61.8	64.1	SW. 3	SW. 3	SW. 3	SW. 3	7	10	10	9	14.2	....
19	60.4	59.9	61.0	60.4	− **6.7**	59.5	61.8	SW. 4	SW. 4	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	19.0	....
20	61.7	61.9	62.1	61.9	− 5.3	61.2	62.6	SW. 2	SW. 1	NE. 1	var.	10	8	10	9	18.7	....
21	62.6	63.3	65.2	63.7	− 3.5	62.4	65.5	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	10	10	10	....	....
22	65.1	65.7	66.2	65.7	− 1.6	64.8	66.5	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	....	....
23	65.9	66.8	67.5	66.7	− 0.7	65.2	67.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	1	0	1	....	....
24	67.3	67.9	68.8	68.0	+ 0.5	67.0	69.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	3	7	4	5	....	....
25	68.9	68.3	70.8	69.3	+ 1.8	68.0	71.2	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	3	5	6	....	....
26	70.8	71.5	72.5	71.6	+ 4.0	70.0	72.9	NE. 2	NE 1	NE. 1	NE. 1	3	1	8	4	....	....
27	72.0	72.2	72.5	72.2	+ 4.6	71.5	73.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
28	72.6	72.7	73.7	**73.0**	+ **5.3**	72.3	**74.0**	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
29	73.0	73.4	72.7	**73.0**	+ **5.3**	72.1	73.5	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
30	72.5	71.1	71.1	71.6	+ 3.8	70.9	72.8	NE. 1	NE. 1	NE 2	NE. 1	3	8	10	7	12.4	....
Mois	64.85	64.99	65.52	65.12	− 1.99							6.1	6.0	7.3	6.5	168.9	10

Jour du mois	Température 7 heures	Température 1 heure	Température 9 heures	Température Moyenne 3 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Minimum	Température Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 3 Obs.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 1.9	+ 2.5	+ 0.3	+ 1.6	− 1.1	+ 0.7	+ 4.1	99	100	100	100	72	100
2	0.8	3.6	2.0	2.1	− 0.7	0.3	4.6	100	80	100	93	68	100
3	1 3	5.2	2 6	3.0	+ 0.1	1.3	6.1	100	66	100	89	62	100
4	3.6	4.6	3.7	4.0	+ 1.0	1.0	6.0	75	86	76	79	62	100
5	2.5	6.3	3.6	4.1	+ 1.0	2.1	9.7	100	74	94	89	53	100
6	4.2	7.6	3.4	5.1	+ 1.9	2.3	8 4	75	59	99	78	50	100
7	3.3	+ 6.7	+ 1.2	+ 3.7	+ 0.4	+ 1.0	7 4	67	38	92	66	36	99
8	+ 0.4	− 0 7	− 1.0	− **0.4**	− 3.8	− 1.0	1.8	96	100	100	99	46	100
9	− 0.2	+ 1.6	+ 0.4	+ 0.6	− 3.0	− 1.0	2.0	100	100	100	100	95	100
10	+ 0.6	1.7	1.0	1.1	− 2.5	+ 0.4	2.1	100	100	100	100	100	100
11	0.4	2.5	0.4	1.1	− 2.7	− 0.4	3.8	100	80	100	93	72	100
12	2.0	3.4	1.2	2.2	− 1.6	− 0.5	5.2	65	71	100	79	52	100
13	1.4	6.0	+ 1.0	2.8	− 1.2	+ 0.9	6.9	89	51	100	80	50	100
14	+ 0.2	1.6	− 1.9	0.0	− 4.0	− 1.9	2.2	100	92	100	97	75	100
15	− 1.4	2.0	0.0	+ 0.2	− 3.9	− **2.4**	4.1	100	57	84	80	55	100
16	− 1.6	1.5	− 1.2	− **0.4**	− **4.6**	− 2.2	2.2	45	42	97	61	40	99
17	− 0.5	5.1	+ 1.8	+ 2.1	− 2.2	− 2.3	6.0	58	37	37	**44**	29	73
18	+ 0.2	3.2	+ 0.7	1.4	− 3.0	− 0.1	3.6	96	71	100	89	48	100
19	0.0	0.4	0.0	0.1	− 4.4	− 0.2	0.8	100	100	100	100	98	100
20	+ 0.7	3.4	+ 1.0	1.7	− 2.9	− 0.7	4.2	88	73	100	87	66	100
21	+ 0.2	1.7	− 0.8	0.4	− 4.3	− 0.7	2.1	100	84	100	95	76	100
22	− 1.0	2.8	− 0.2	0.5	− 4.2	− 1.4	3.1	100	80	100	93	74	100
23	− 0.5	6.6	+ 4.7	3.6	− 1.2	− 2.0	8.0	100	57	47	68	41	100
24	+ 5.8	10.7	3.3	6.6	+ 1.7	+ 2.9	11.1	38	28	95	54	25	96
25	2.2	7.1	3.4	4.2	− 0.8	2.0	8.1	100	65	100	88	50	100
26	3.6	8.3	4.9	5.6	+ 0.6	2.9	9 0	87	52	100	80	48	100
27	7.2	11.2	7.6	8.7	+ 3.6	4.6	11.7	28	33	87	49	**22**	90
28	9 4	12 2	8.3	**10.0**	+ **4.8**	7.1	13.0	42	41	86	56	38	90
29	9 0	13.2	7.7	**10.0**	+ 4.7	7.4	**13.8**	63	28	92	61	25	95
30	+ 7.6	+10.2	+2.5	+ 6.8	+ 1.5	+2.5	+10.9	85	65	100	83	60	100
Mois	+ 2.11	+ 5.07	+ 2.05	+ 3.08	− 1.01	+ 0.75	+ 6.07	83	67	93	81		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUIN 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : – 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.57	63.71	64.19	63.82	91	80	96	89
2e »	61.92	61.96	62.27	62.05	84	67	92	81
3e »	69.07	69.29	70.10	69.49	74	53	91	73
Mois	64.85	64.99	65.52	65.12	83	67	93	81

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 1.84	+ 3.91	+ 1.72	+ 2.49	+ 2.30
2e »	0.14	2.91	0.30	1.12	0.91
3e »	4.35	8 40	4.14	5.63	5.26
Mois	+ 2.11	+ 5.07	+ 2.05	+ 3.08	+ 2.82

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{79}{92} = 0.86$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W. Son intensité est égale à 14.4 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	29.3	43.6	70.5	168.9
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	10cm

E
A
B
H
H
E
E
E
S
F
C
P
P'

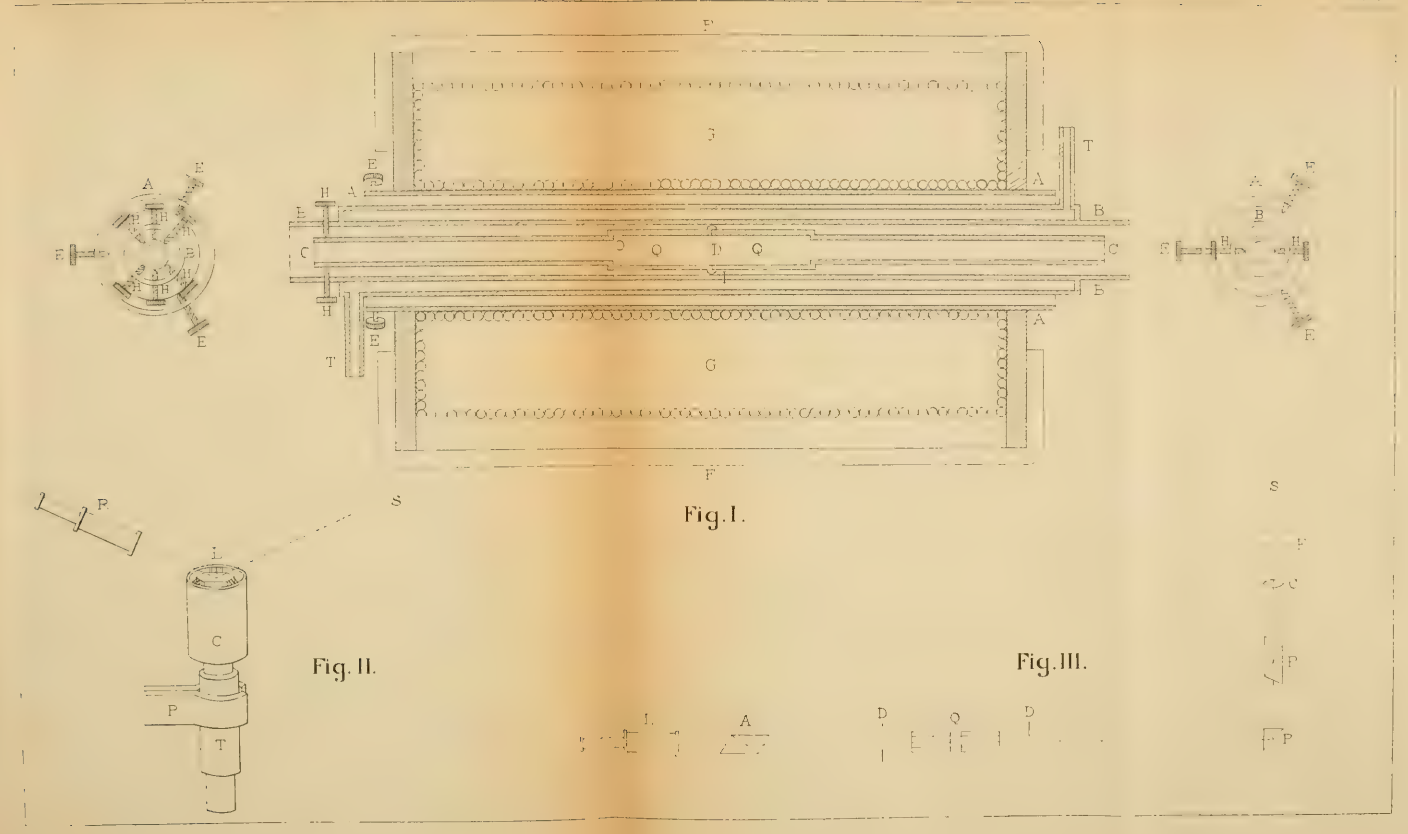


Fig. I.

Fig. II.

Fig. III.

VISIBILITÉ ET MESURE

DE

PARTICULES ULTRAMICROSCOPIQUES

AVEC APPLICATION SPÉCIALE

AUX

VERRES ROUGES D'OR

PAR

H. SIEDENTOPF et R. ZSIGMONDY[1]

Les discussions théoriques sur le rendement de nos microscopes d'après les méthodes d'Abbe et de Helmholtz n'ont porté en général que sur le pouvoir réducteur des objectifs en admettant que des éléments de structure ne peuvent être perçus comme limite extrême que jusqu'à la grosseur de $^1/_4$ μ (μ étant le millième de millimètre). Cette question de la visibilité des dernières particules de la matière est de la plus haute importance. Il n'importe pas seulement d'apprendre par la recherche microscopique qu'un corps à étudier possède une structure, mais surtout d'établir en quoi celle-ci consiste. Le moyen de mettre en évidence des structures plus fines que celles correspon-

[1] *Annalen der Physik*, 1903, X, pp. 1 à 39. Résumé par les auteurs.

dant aux limites ci-dessus est donné par la diffraction de la lumière sur les particules élémentaires qui les constituent.

La représentation de la structure n'est pas toutefois la seule question qui se pose dans les études microscopiques. Il peut se trouver beaucoup de cas où il suffit de constater qu'il y a une structure déterminée, autrement dit une discontinuité. De même que les observations astronomiques ne se bornent pas aux détails des planètes, mais tendent à rendre visible un nombre toujours plus grand d'étoiles fixes de très faible éclat.

Le verre rouge d'or (*Goldrubinglas*) constitue pour l'étude microscopique un champ analogue à ce qu'est le ciel étoilé pour l'étude astronomique. Les verres d'or ne sont pas les seuls milieux propices pour de semblables investigations, — quoiqu'ils soient en une certaine mesure des modèles du genre — mais on peut considérer aussi comme tels des milieux solides ou liquides, troubles ou colloïdes sous la réserve que les particules qui y sont suspendues ou s'y trouvent en dissolution colloïdale présentent entre elles un *intervalle moyen* qui ne soit pas plus petit qu'une demi-longueur d'onde de la lumière.

Si nous admettons en outre que les dimensions des particules elles-mêmes sont en tous sens plus petites qu'une demi-longueur d'onde, il est clair que leurs images microscopiques ne pourront être que l'effet de la diffraction.

Pour abréger nous appellerons *ultramicroscopiques* les particules rentrant dans ces dernières conditions, c'est-à-dire dont l'observation microscopique ne peut révéler ni les détails ni la structure.

On pourrait nous objecter ici que la réalisation de semblables images de diffraction ne permet pas de caractériser suffisamment ces particules et considérer d'emblée l'effort que nous avons fait dans ce sens comme de nulle valeur. Nous estimons cependant avoir établi par nos expériences sur le verre d'or qu'il ne s'agissait pas seulement pour nous de constater la répartition discontinue de l'or dans un verre, mais que nous avons obtenu avec ces images d'autres marques de leur individualité, telles que couleur, ordonnance, polarisation, clarté (dans les milieux liquides nature du mouvement), qui dans beaucoup de cas permettront de les caractériser scientifiquement avec une netteté suffisante.

L'étude microscopique de tels corps au point de vue de leurs particules ultramicroscopiques est impossible par les procédés ordinaires. Ainsi les verres d'or colorés, dans lesquels nous avons pu reconnaître les degrés de division les plus divers de l'or, ne laissaient apercevoir avec les moyens ordinaires, même avec l'éclairage à champ obscur, aucune trace de trouble, mais paraissaient homogènes. On aurait pu cependant s'attendre à trouver chez eux des indices d'hétérogénéité, puisque les verres d'or en lames minces devraient se comporter comme des préparations de bactéries. Nous avons donc imaginé une nouvelle méthode qui permet de soumettre autant que possible à l'observation directe les particules d'or.

Le point délicat de l'expérience réside dans le dispositif pour l'éclairement, lequel diffère notablement des procédés ordinaires. En général les particules à révéler optiquement n'arrivent pas à être elles-mêmes lumineuses ou du moins pas suffisamment. On est donc

amené d'emblée à employer une source de lumière exceptionnellement intense, telle que la lampe à arc ou la lumière solaire directe.

Les particules deviennent alors visibles par le cône lumineux qui s'en échappe par diffraction. Mais l'intensité des rayons éclairants est beaucoup plus grande que celle des rayons diffractés. Pour rendre visibles par diffraction de petites particules, il est essentiel d'ordonner l'éclairage de telle sorte qu'*aucun* des rayons qui le produisent ne se retrouve plus dans le cône des rayons diffractés employés pour rendre visible l'objet étudié. Le dispositif nécessaire à cet effet reviendrait en principe à l'éclairage à fond sombre. Mais avec l'emploi de la lumière à arc ou du soleil, l'arrangement ordinaire pour celui-ci laisse passer une proportion si considérable de lumière réfléchie par les nombreuses faces lenticulaires du condenseur et de l'objectif du microscope qu'en fait le principe du champ obscur devient absolument illusoire.

Si le dispositif est tel que l'axe du cône d'éclairement soit perpendiculaire à l'axe du cône de diffraction et que les dimensions de ces deux cônes soient telles qu'ils ne se pénètrent pas, les réflexions qui peuvent encore se produire dans le condenseur restent de nul effet sur l'objectif et il est impossible qu'aucun des rayons servant à l'éclairage pénètre directement dans ce dernier (voir fig. 1).

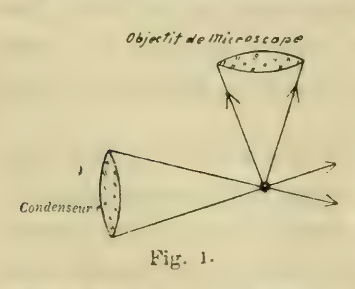


Fig. 1.

De là découle la méthode qui n'est qu'une extension

de celle dénommée éclairage à champ obscur ; elle rend possible pour l'éclairage l'emploi des sources de lumière les plus vives.

On peut se placer à un autre point de vue pour mieux définir ce procédé. On sait que les poussières qui flottent librement dans un espace fermé deviennent nettement visibles aussitôt qu'un faisceau de lumière solaire pénètre par une fente dans la chambre noire pour un observateur regardant perpendiculairement au faisceau. Si l'on renforce l'éclat du faisceau lumineux et les moyens d'investigation par l'emploi d'un condenseur et d'un microscope comme ils sont disposés dans la fig. 1, on a dans ses grands traits la méthode que nous venons d'esquisser.

La visibilité des particules ultramicroscopiques dans cette disposition est produite par les images de diffraction polarisée et soumise d'ailleurs aux mêmes conditions que celle des étoiles fixes par le télescope.

Le succès de ce procédé fait comprendre pourquoi le procédé ordinaire du champ obscur n'est pas capable de mettre en évidence les particules isolées de métal dans le verre d'or[1]. Les objectifs ne donnent une image nette que d'une couche mince. Avec la méthode ordinaire d'éclairage, outre la tranche mince mise au point, il en est une infinité d'autres, tant au-dessus qu'au-dessous, qui sont également éclairées et sont autant de plans de diffusion dans le champ du microscope. La lumière qui en émane voilerait donc complètement les

[1] La méthode microscopique ordinaire avec éclairage par transparence qui voilerait complètement la lumière directe est d'emblée inapplicable ici.

images de diffraction qu'il s'agit pour nous d'observer.

Nous ne reprendrons pas ici la description détaillée des appareils qui nous ont permis de réaliser ces conditions, puisqu'elle a été donnée ailleurs[1].

La limite jusqu'à laquelle cette méthode permettra d'aller pour la mise en évidence des particules ultramicroscopiques est déterminée par la limite approximative de la sensibilité de l'œil.

Dans les circonstances les plus favorables qui puissent se réaliser dans la pratique, cette limite peut être fixée à environ 40 millioniêmes de millimètre carré, correspondant à un cercle d'environ $\frac{4}{1000000}$ mm. de rayon.

Il suit de là que même avec l'éclairage le plus puissant, il ne sera pas possible de rendre directement visible à l'œil humain des discontinuités de milieu de l'ordre de grandeur attribué aux molécules (environ 0,6 $\mu\mu$). Même si l'on réussissait, par un procédé quelconque, à donner un éclat intense à chaque molécule, il faudrait que l'intensité spécifique de celui-ci dépassât notablement celui de la lumière solaire, ce qu'il ne paraît pas possible de réaliser.

Nos vues sur la visibilité de particules ultramicroscopiques, de même que la limite théorique indiquée plus haut, se sont trouvé confirmées par l'évaluation expérimentale de la grandeur des particules d'or qui entrent en jeu.

Pour donner une idée approchée de la méthode[2] que

[1] *Loc. cit.*, p. 7 à 9.

[2] On trouvera de plus amples détails sur cette méthode et les causes d'erreur qui peuvent l'affecter ainsi que les résultats qu'elle a donnés dans notre mémoire, *loc. cit.*, p. 16-29.

nous avons employée pour la mesure des grandeurs dont il s'agit ici, nous nous bornerons à donner l'exemple suivant : un verre d'or contient dans un millimètre cube 80 millioniémes de milligramme d'or. Comme nous avons pu nous en persuader en comptant les particules ultramicroscopiques, il y a dans un millimètre cube de verre d'or plusieurs milliards de particules d'or. Si nous admettons 1 μ comme valeur de l'intervalle moyen entre elles, il y aurait dans un millimètre cube 1.000.000.000 particules et une particule aurait alors un poids de :

$$\frac{80}{1\,000\,000 \quad 1\,000\,000\,000} \text{ milligramme}$$

Les plus petites particules d'or, que nous ne pouvions voir il est vrai qu'avec la plus grande peine et avec l'éclairage le plus intense à la lumière solaire, avaient ainsi une masse de moins de 10^{-15} mgr. Ce qui constitue bien les poids les plus faibles qui aient pu jusqu'ici être évalués directement.

Comme comparaison, prenons le poids de $0,14 \times 10^{-6}$ mgr. pour le sodium (Kirchhoff et Bunsen) et 7×10^{-14} mgr. pour l'hydrogène (Emich) donné par l'analyse spectrale; puis $2,2 \times 10^{-9}$ mgr. mercupton (Fischer et Penzoldt) et 10^{-11} mgr. iodoforme (Berthelot) par l'odorat; enfin 3×10^{-7} mgr, soude caustique (Emich) par voie chimique.

Du poids des particules d'or on peut facilement déduire leurs dimensions linéaires, si on admet qu'elles aient une forme cubique et que leur poids spécifique soit le même que celui de l'or métallique.

Nous avons obtenu de la sorte dans trois échantillons différents de verre d'or A, B et C, comme limites supérieures les dimensions suivantes :

A) 4-7 $\mu\mu$ (1 $\mu\mu$ = 1 millionième de millimètre).

B) 10-15 $\mu\mu$,

C) 20-30 $\mu\mu$.

Des verres d'or détériorés, peu ou pas colorés, qui étaient plus ou moins troubles, contenaient des particules de 130-170 ou même de 490-800 $\mu\mu$ de diamètre.

Par la fixation de ces données nous avons prouvé que le microscope peut de fait être employé pour l'observation de corpuscules beaucoup plus petits qu'on ne l'admet généralement et qu'on peut, par l'usage de cet excellent instrument d'optique étendre les notions que nous possédons sur le degré de division de la matière bien au delà de ce qu'avait donné jusqu'ici l'observation microscopique ordinaire ou les méthodes physico-chimiques.

Les résultats remarquables que nous a donnés l'étude du verre d'or pourraient entraîner à une certaine exagération quant à la portée de notre méthode pour la mise en évidence des particules ultramicroscopiques, exagération contre laquelle nous voudrions tout de suite prémunir le lecteur.

Nous spécifierons bien tout d'abord que notre méthode ne peut donner aucune indication sur la forme et la constitution des particules. Quelle que soit leur forme, on n'obtiendra jamais qu'une petite facette comme image de diffraction. Ce n'est que lorsque les particules seront de telle sorte qu'une de leurs dimensions dépasse une demi-longueur d'onde qu'on pourra les percevoir comme des bâtonnets, des fils ou des facettes elliptiques. Mais les facettes de diffraction rondes des particules de différentes natures présentent suivant leur

grandeur et la coloration un éclat et une couleur très différents.

Nous ferons remarquer encore que si nous avons réussi spécialement avec l'or et l'argent à mettre en évidence de si petites particules, cela tient à ce que l'indice de réfraction de ces métaux précieux diffère extraordinairement de celui du milieu qui les renferme. Pour les oxydes, les corps organiques dans des dissolutions colloïdales de silice, d'alumine, de blanc d'œuf, etc., notre méthode refusera beaucoup plus vite ses services parce que l'indice de réfraction de ces corps est beaucoup plus rapproché de celui du milieu (eau).

Des liquides de cette nature peuvent contenir des particules beaucoup plus petites que celles renfermées dans des dissolutions colloïdales comme le verre d'or et être tout aussi claires. Dans ces cas-là notre méthode ne peut servir qu'à donner une idée approximative sur l'ordre de grandeur des particules qui entrent en jeu. Il est vrai qu'avec des verres d'or et de l'or colloïdal du degré de division le plus fin notre méthode devient insuffisante, mais cela seulement pour un ordre de grandeur voisin ou égal de celui des molécules.

En revanche il n'est pas impossible qu'on arrive à mettre en évidence les molécules de corps fluorescents en tant qu'il s'agirait de corps à grandes molécules et d'une fluorescence très intense.

Dans des circonstances favorables nous avons pu mettre en évidence 5×10^{-17} mgr. de fluorescéine, ainsi des quantités de substance encore plus petites que dans le verre d'or. Mais avec les dissolutions de fluorescéine le cône lumineux n'était pas réductible, et se mon-

trait homogène[1]. De l'aescorcéine que M. C. Liebermann avait mise très aimablement à notre disposition, perdit malheureusement sa fluorescence au degré de dilution très avancé auquel il fallait l'amener pour l'expérience.

Il serait du plus grand intérêt d'examiner dans quelle mesure notre nouvelle méthode d'éclairement s'appliquerait avec avantage à l'étude des cellules, des tissus, etc. Nous devons reconnaître que dans l'état actuel de notre méthode elle ne peut pas donner de résultat. Mais il est permis d'espérer qu'avec le développement du microscope et l'emploi des sources de lumière plus intenses on pourra réaliser des progrès importants dans cette direction aussi.

Il est en outre très probable que de petits êtres vivants, par exemple des Bactéries, qui ont échappé jusqu'ici à nos observations deviendront visibles par notre procédé. Il est réservé à des études subséquentes de vaincre les obstacles qui s'opposent encore à ce qu'ils puissent être identifiés.

Les recherches dont nous venons de rendre compte ont été singulièrement facilitées par les précieux moyens que nous a fournis la maison Zeiss de Iena à laquelle nous adressons ici nos meilleurs remerciements.

[1] Parfois on y percevait des sortes de nuages, peut-être comme indication de l'hétérogénéité de la distribution des molécules fluorescentes.

LES

DÉCHARGES OSCILLATOIRES

PAR

A. BATTELLI et L. MAGRI

de l'Université de Pise.

(*Suite et fin*[1].)

Résultats expérimentaux

Disposition et conduite générale des expériences

Avant de rapporter les résultats de ces expériences, disons un mot sur la disposition d'ensemble des appareils.

Une électrode de la machine électrique est en communication avec le sol et l'autre est réunie à une des armatures du condensateur par le moyen d'un bâton de bois.

Le calorimètre à spirale métallique et celui à étincelle sont en série dans le circuit de décharge.

Quand on n'exécutait pas de mesures calorimétri-

[1] Voir *Archives,* juillet 1903, t. XVI, p. 5.

ques, le carré ou le cercle qui constituaient le circuit métallique étaient à la place des calorimètres métalliques et l'étincelle se produisait dans l'air. Quand au contraire l'on exécutait aussi ces mesures, l'on prenait d'abord trois ou quatre photographies de décharges, ensuite, après avoir introduit le spinthéromètre à étincelles dans le calorimètre et en faisant de nouveau produire les décharges, l'on procédait à la lecture simultanée du calorimètre à spirale métallique, du calorimètre à étincelle et de l'électromètre.

Après chaque série de ces lectures, l'on mesurait la décharge restante avec un galvanomètre balistique convenablement protégé des actions électrostatiques. Souvent, aprés avoir terminé ces lectures, l'on répétait les photographies de l'étincelle.

Résultats généraux des expériences

Des valeurs des différents éléments déterminés de la façon déjà indiquée nous avons ensuite calculé les résultats finaux de nos expériences, résultats qui sont compris dans les tableaux I à XI.

Dans les sept premiers tableaux sont rapportés les résultats de mesures contemporaines de la période d'oscillation, de la quantité de chaleur développée dans les différentes portions du circuit et du potentiel de décharge.

Les tableaux VIII à XI se rapportent exclusivement à la période d'oscillation. Les valeurs L_T contenues dans les tableaux sont celles mesurées avec la méthode Nernst ou celles calculées comme nous l'avons dit ; celles R'_T représentent la résistance du calorimètre

Distance explosive	Potentiel de décharge en U.E (CGS)	$\frac{1}{2}$ C V² en petites calories	Quantité de chaleur développée pr chaque décharge. dans l'étincelle	dans le circuit métallique	$Q_1 + Q_2$	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Résistance de l'étincelle $T = R'_T \frac{Q_1}{Q_2}$ en Ohm	Période mesurée Ts
Tableau I. *Calorimètre N° 2* (condensateurs en surface)								
		Lт = 746140	R'т = 1,76 Ohm		C = 14175 cm.		Tc = 0,00000679	
1	—	—	0,0082	0,0367	0.045	0,223	0,311	0,00000661
1,5	—	—	0,0166	0.071	0,088	0,232	0.325	0,00000683
2	27,67	0,129	0,0242	0,101	0,125	0,239	0,323	0,00000677
								0,00000673
Tableau II. *Calorimètre N° 1* (condensateurs en surface)								
	Lт = 29470		R'т = 1,06 Ohm			C = 14175 cm.		Tc = 0,00000428
1	—	—	0,0098	0,0362	0.0460	0,271	0,286	0,00000439
1,5	—	—	0,0203	0,0673	0.0876	0.302	0,319	0,00000428
2	26,95	0.123	0,0289	0.0896	0,1185	0,322	0,341	0,00000431
								0,00000433

Distance explosive	Potentiel de décharge en U.E (CGS	$\frac{1}{2}$ C V² en petites calories	Quantité de chaleur développée p^r chaque décharge. dans l'étincelle	dans le circuit métallique	$Q_1 + Q_2$	$\frac{Q_1}{Q_2}$	Résistance de l'étincelle $T = R'_T \frac{Q_1}{Q_2}$ en Ohm	Période mesurée Ts
Tableau III. *Calorimètre N° 1* (condensateur N° 1)								
	$L_T = 29470$	$R'_T = 1,38$ Ohm		$C = 7178$ cm.		$T_c = 0,00000304$		
1	—	—	0,0060	0,0161	0,0221	0,3727	0,515	0,00000304
1.5	—	—	0,0123	0.0315	0.0438	0.3905	0.540	0.00000305
1	27,4	0.064	0,0179	0,0449	0 0628	0.3987	0,551	0,00000302
								0,00000304
Tableau IV. *Calorimètre N° 1* (condensateurs en cascade)								
	$L_T = 29470$		$R'_T = 1,65$ Ohm		$C = 3568$ cm.		$T_c = 0,00000215$	
1	—	—	0,0034	0,0098	0,0132	0,3469	0.575	0,00000218
1,5	—	—	0,0063	0,0158	0,0221	0.3987	0,661	0.00000219
2	27.3	0,0317	0,0089	0,0209	0.0298	0,4257	0,723	0,00000217
3	34.8	0,0514	0,0166	0,0342	0,0508	0,4854	0.805	0,00000219
4	38,36	0.0625	0.0215	0,0417	0.0632	0,5156	0,855	0,00000215
5	44.7	0.0848	0,0302	0.0546	0.0848	0,5531	0,918	0.00000214
								0,00000217

TABLEAU V.

Calorimètre N° 3 (condensateurs en cascade)

	$L_T = 17460$		$R'_T = 0,827$ Ohm		$C = 3568$ cm.		$T_c = 0,00000165$	
1	—	—	0,0044	0.0074	0.0118	0.595	0,492	0.00000168
1,5	—	—	0,0079	0,0124	0.0203	0.637	0,527	0.00000170
2	27.01	0.0308	0,0120	0.0176	0,0296	0,682	0,564	0,00000174
3	34	0.0502	0,0207	0,0289	0.0496	0,716	0,593	0,00000168
4	38.87	0.0642	0.0264	0,0349	0.0613	0,756	0,626	0,00000170
5	45	0,0860	0.0372	0,0477	0,0849	0,780	0.845	0,00000169
								0,00000170

TABLEAU VI.

Calorimètre N° 4 (condensateurs en cascade)

	$L_T = 3669$		$R'_T = 0,154$ Ohm		$C = 3568$ cm.		$T_c = 0,000000758$	
1	—	—	0.0048	0,0041	0.0080	1,171	0,180	0,000000817
1,5	—	—	0.0118	0,0063	0.0181	1,873	0.289	0,000000824
2	25,45	0,0275	0.0166	0.0088	0,0254	1,886	0.290	0,000000824
3	33.04	0,0464	0,0296	0.0148	0.0444	2.000	0,308	0,000000812
4	37.63	0,0602	0.0394	0,0182	0,0576	2.165	0.333	0,000000821
5	44,00	0,0823	0.0518	0,0239	0,0757	2,167	0,334	0,000000828
								0,000000821

TABLEAU VII.

Électrodes de platine et d'iridium

1	18,38	0.057	0,0159	0,0402	0.0561	0.396	0.327	
1,5	23.37	0,092	0,0280	0,0640	0,0919	0.437	0.361	
2	27,54	0.130	0.0339	0.0872	0,1211	0.389	0.322	

Électrodes de cadmium

1	17,30	0,052	0,0140	0.0365	0,0505	0,384	0,319	
1,5	23.54	0,094	0,0234	0,0640	0.0874	0.366	0.302	
2	27.93	0.128	0.0357	0.0897	0.1254	0,398	0,329	

métallique déduite de la formule de Rayleigh, multipliée par le rapport $\frac{\rho}{\rho^1}$ de la résistance de l'unité de longueur du fil roulé en spirale à celui du même fil tendu en ligne droite.

Nous avons aussi placé dans les tableaux I à VII les valeurs de l'énergie disponible dans chaque décharge, et la somme $Q_1 + Q_2$ de la chaleur développée dans tout le circuit, quantités qui nous serviront pour l'étude sur la distribution de l'énergie que nous ferons ensuite.

Ces valeurs théoriques de la période ne sont toutefois pas très sûres, en raison de l'incertitude où l'on se trouve sur la valeur de L pour les spirales ; nous ne pouvons donc leur attribuer qu'une importance relative d'autant plus qu'elles ont été presque toutes obtenues avec des électrodes de platine-iridium avec lesquelles l'étincelle est, comme nous verrons ensuite, beaucoup moins régulière que celle obtenue avec des électrodes de cadmium.

Les résultats indiqués dans les tableaux VIII à XI sont au contraire d'une toute autre importance. Elles ont rapport aux expériences faites avec des circuits dont l'auto-induction pour chacune des périodes, qui se déduisait des mesures exécutées sur les photographies des étincelles, pouvait se calculer d'une façon exacte; c'est sur celles-ci que nous appelons plus particulièrement l'attention.

TABLEAU VIII.

Circuit formé par un carré en fil de cuivre de cm. 398,6 de côte

α Autoinduction totale du circuit pour T = 0,00000425 cm. 28913. Cap. du condensateur 14175 cm. Capacité du circuit 97 cm. Valeur de $T = \frac{2\pi}{v} = 0{,}000004254$ Valeur expérimentale.		β Autoinduction totale du circuit pour T = 0,00000301 cm. 28852. Cap. du condensateur 7178 cm. Capacité du circuit 97 cm. Valeur de $T = \frac{2\pi}{v} \sqrt{CL} = 0{,}000003034$ Valeur expérimentale.
0,000004214	0,000004204	0,000002994
4304	4302	3016
4244	4177	2979
4226	4262	3006
4202	4279	3019
4202	4291	2980
4266	4240	3036
4277	4226	3020
4185	4209	Valeur moy. T = 0,000003006
4210	4213	
4196	4252	
Valeur moy. T = 0,000004235		

TABLEAU IX.

Circuit formé par un cercle en fil de cuivre de cm. 201 de diamètre.

α Autoinduction totale du circuit pour T = 0,00000237, 9261 cm. Cap. du condens. C = 14175 cm. $T = \frac{2\pi}{v} \sqrt{LC} = 0{,}00000240$ Distance explosive 2,5 mm. Valeur expérimentale.	β Autoinduction totale du circuit pour T = 0,000001679, 256 cm. Cap. du condens. C = 7178 cm. $T = \frac{2\pi}{v} \sqrt{LC} = 0{,}000001707$ Distance explosive 2,5 cm. Valeur expérimentale.	
0,000002334	0,000001655	0,000001655
2348	1693	1658
2389	1660	1654
2358	1648	1693
2370	1685	1689
2371	1692	1668
2378	1679	1671
2408	1677	
2405	Valeur moy. T = 0,000001672	
Valeur moy. T = 0,000002337		

TABLEAU IX (suite).

γ		δ	
Autoinduction totale du circuit pour T = 0,00000120, 9242 cm. Cap. du condens. C = 3568 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}000001201$ Distance explosive 2,5 mm. Valeur expérimentale.		Antoinduction totale du circuit pour T = 0.00000120, 9242 cm. Cap. du condens. C = 3568 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}000001201$ Distance explosive 5 mm. Valeur expérimentale.	
0,000001162	0,000001199	0,000001213	0,000001190
1160	1230	1205	1197
1196	1224	1209	1202
1193	1222	1220	1221
1173	1222	1232	1182
1166	1198	1205	1210
1209	1175	1194	1224
Valeur moy. T = 0,000001195		Valeur moy. T = 0,000001207	

TABLEAU IX (fin).

ε	
Electrodes de platine-iridium Autoinduction totale du circuit pour T = 0,00000237, 9261 cm. Cap. du condens. C = 14175 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}00000240$ Distance explosive 2,5 mm. Valeur expérimentale.	
0,000002395	0,000002270
2412	2480
2369	2489
2497	2426
2454	2476
2338	2386
2282	2186
Valeur moy. T = 0,0000239	

TABLEAU X.

Circuit formé par un petit cercle en fil de cuivre de cm. 57,3 de diamètre.

Autoinduction du circuit pour T = 0,00000074. 2993 cm. Cap. du condensateur 3568 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}000000684$ Distance explosive 2 mm. Valeur expérimentale.	
0,000007431	0,000007422
7263	7103
7411	7625
7565	7493
7567	7442
7560	7414
Valeur moy. T = 0,000000744	

TABLEAU XI.

Grande spirale B.

α		β
Autoinduct. de la grande spirale 4546000 cm. Cap. du cond. C = 14175 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}00005317$ Distance explosive 2 mm. Valeur expérimentale.		Autoind. de la petite spirale et des réofores, 57797 cm. Cap. du cond. C = 14175 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}000005995$ Distance explosive 2 mm. Valeur expérimentale.
0,00005404	0,00005444	0,000006201
5374	5386	5993
5339	5403	6067
5363	5303	5923
5417	5347	6034
5434	5296	6093
Valeur moy. T =	0,00005376	5995
		5970
		Valeur moy. T = 0,000006034

Petite spirale.

γ	
Autoinduct. de la petite spirale et des réofores, 57797 cm. Cap. du condens. C = 3568 cm. $T = \frac{2\pi}{v}\sqrt{LC} = 0{,}000003008$ Distance explosive 2 mm. Valeur expérimentale.	
0,000002986	0,000003034
3037	2981
3011	2904
3173 (?)	3039
3032	3036
3053	3001
3011	3042
3022	3021
Valeur moy. T =	0,000003024

Discussion des résultats

Pour juger l'importance que l'on doit attribuer à l'accord remarquable que l'on constate entre les deux valeurs (observées et calculées) de la période T, il est nécessaire de rendre compte de la précision que nous avons atteinte dans la détermination des valeurs élémentaires qui se rapportent à cette mesure.

Mesure expérimentale de la période

Il sera bon d'examiner brièvement ce qu'il résulte de l'observation du grand nombre de photographies que nous avons obtenues.

Il résulte tout d'abord de l'examen que les étincelles élémentaires ne jaillissent pas toutes du même point de l'électrode, surtout quand on décharge une grande quantité d'électricité.

Ce déplacement des étincelles composant la décharge influe notablement sur l'exactitude que l'on peut atteindre dans la mesure expérimentale de la période d'oscillation.

Cette exactitude, en effet, ne dépend pas seulement de la constance de la vitesse de rotation du miroir et du degré de précision avec lequel on peut mesurer cette vitesse même au moment où l'on prend la photographie ; elle dépend aussi de la précision avec laquelle on peut déterminer la distance entre les images photographiques de deux petites étincelles élémentaires consécutives. Or, si celles-ci se déplacent sur les électrodes, la distance mesurée ne correspond pas à celle réelle.

Nous avons cependant éliminé, au moins en grande partie, cet inconvénient dans nos mesures, parce que des nombreuses photographies que nous avons faites pour chaque cas et pour chaque distance explosive nous n'avons utilisé que celles dans lesquelles les images des étincelles étaient très nettes et régulièrement distribuées.

De plus, dans l'évaluation de la valeur moyenne des distances entre deux étincelles élémentaires consécutives, nous ne tenions jamais compte ni des premières, ni des dernières étincelles et l'on déduisait la période effective de la distance moyenne entre les petites étincelles restantes, toujours très nombreuses.

La valeur indiquée pour la période expérimentale était ensuite la moyenne de celle que l'on déduisait de la moyenne de nombreuses photographies pour chaque cas et pour chaque distance explosive.

La concordance de ces valeurs était remarquable. Afin de pouvoir en juger nous avons reporté dans les tableaux VIII à XI toutes les valeurs qui ont servi à la détermination expérimentale d'auto-induction bien connue.

Des mesures faites à des jours différents, dans les mêmes conditions expérimentales ont toujours donné des nombres parfaitement concordants.

Il faut donc en conclure que dans les valeurs de la période que nous avons mesurée, valeurs reportées dans les tableaux précédents, une grande exactitude a été atteinte.

Valeur adoptée pour la capacité du condensateur

Les soins que nous avons employés dans la mesure absolue de la capacité du condensateur et la concor-

dance de la valeur ainsi obtenue avec celle résultante de la comparaison avec l'échantillon que nous a remis M. le prof. Roïti, nous autorisent à certifier que la valeur que nous avons adoptée est digne de toute confiance.

Comme la résistance totale du circuit, compris l'étincelle, ainsi que nous verrons par la suite, est négligeable en rapport à $\frac{1}{LC}$ (la formule réduite de Thomson peut donc être applicable) du grand accord que l'on a aussi dans ce cas entre la période calculée et celle observée, on peut déduire que la valeur employée pour la capacité de notre condensateur et déduite des mesures exécutées avec des décharges lentes et à bas potentiels vaut effectivement aussi pour les décharges oscillatoires et pour les potentiels employés dans nos expériences. Il n'y a donc pas à craindre que pour de grandes distances explosives la charge se répande sur les rebords du condensateur. de façon à ce que la capacité soit différente de celle obtenue par des mesures exécutées avec de petites charges. Quant à l'objection, soulevée à propos des expériences de Hertz, que la capacité pour les décharges rapidement oscillantes puisse différer de celle pour décharges lentes, les calculs de Drude[1] appliqués à notre condensateur démontrent que ce fait ne nécessite aucune correction aux résultats que nous avons obtenus.

L'on peut en outre retenir cette concordance comme une preuve que l'hystérésis diélectrique de l'air est réellement négligeable pour les périodes des décharges que nous avons photographiées.

[1] *Physik des Aethers* p. 459.

Valeur de la résistance et de l'auto-induction

Les méthodes calorimètriques employées par nous sont, à notre avis, les plus sûres pour établir une comparaison entre les résistances que présentent deux circuits différents aux décharges oscillatoires. Pour cela, ayant calculé avec la formule de lord Rayleigh la résistance de quelques conducteurs rectilignes avec lesquels nous avons comparé la résistance de nos spirales nous pouvons dire avoir réussi à trouver en mesure absolue ces mêmes résistances avec l'approximation dont ces mesures calométriques sont susceptibles.

Il n'y a pas lieu de tenir compte dans nos expériences de l'influence qu'exerce, selon Barton[1] l'amortissement des oscillations sur la résistance des conducteurs, car les valeurs calculées avec la formule de Barton ne diffèrent que du un pour cent au plus de celle que fournit la formule de Rayleigh.

D'ailleurs des expériences directes de Cardani[2] faites avec des décharges des condensateurs, démontrent expérimentalement que, dans les limites des erreurs de ces mesures, l'on peut admettre que la résistance d'un fil rectiligne pour ces décharges a en réalité la valeur que lui attribue la formule de lord Rayleigh.

Quant à l'auto-induction, tandis que la valeur de L adoptée pour les spirales dans les recherches exécutées jusqu'ici sur les décharges oscillantes a toujours été ou celle calculée avec les formules qui servent pour les courants continus, ou celle trouvée expérimentalement

[1] *Phil. Mag.* (5), 47, p. 433, 1899.
[2] *Nuovo Cim.* (4), 7, p. 229, 1898.

avec ces courants, nos auto-inductions, au contraire, ont été ou directement calculées avec les corrections nécessaires relatives à la fréquence des décharges, ou déterminées expérimentalement avec des courants de haute fréquence par comparaison avec les auto-inductions déjà calculées.

Même pour l'auto-induction dans notre cas, la différence entre la valeur donnée par Rayleigh et celle donnée par Barton, en tenant compte de l'amortissement, est tout à fait insignifiante.

Résistance de l'étincelle.

Nos expériences nous donnaient aussi le moyen de déterminer la résistance de l'étincelle qui constitue actuellement un des principaux problèmes ayant trait à la décharge électrique ; ce que nous avons fait en mesurant le travail total dépensé dans l'étincelle et en le comparant avec celui qui se dépensait dans le même temps dans la partie métallique, dont la résistance R'_T, pour les oscillations de la fréquence mesurée chaque fois, se calculait de la façon déjà indiquée.

Dans les tableaux mentionnés ci-dessus, dans la colonne 8ᴬ, la valeur de $R_T \frac{Q_1}{Q_2}$, où Q_1 est la chaleur développée dans l'étincelle et Q_2 celle dégagée dans la spirale métallique, sert à nous donner l'indication de la résistance moyenne r de l'étincelle. Quoique ces valeurs de R soient peut-être un peu moindres que ce qu'elles sont en réalité à cause de la dispersion de la chaleur qui peut se manifester le long des bras métalliques du spintéromètre, toutefois nos expériences nous permettent de conclure que la résistance de l'étincelle a

été le plus souvent inférieure à celle de la partie métallique et certainement toujours inférieure à un ohm. Les mesures que nous avons exécutées, sauf la réserve ci-dessus indiquée, donneraient comme résistance moyenne des étincelles de 1 à 5^{mm} des valeurs comprises entre 0.18 et 0.92 ohm.

De plus la valeur du rapport $\frac{Q_1}{Q_2}$ croît assez lentement avec l'augmentation de la longueur de l'étincelle, ce qui peut s'expliquer soit en admettant que la plus grande partie de la résistance se produise au passage de l'électrode à l'air, soit qu'en augmentant la longueur on augmente aussi la section de l'étincelle.

L'accord remarquable entre la valeur calculée de la période d'oscillation et celle donnée par nos expériences est une preuve de l'exiguité de la valeur de la résistance effective de l'étincelle.

Nous avons aussi mesuré en même temps l'énergie thermique qui se présente dans les différentes parties du circuit et nous avons mis en comparaison la somme de ces énergies avec l'énergie totale disponible dans la décharge.

Nous avons obtenu la valeur du potentiel auquel la décharge commençait avec un électromètre hydrostatique Righi expressément modifié en vue de rendre le mouvement de l'aiguille presque parfaitement apériodique, de façon à nous permettre de suivre de rapides variations de potentiel.

Cet électromètre a été étalonnné avec un bon électromètre absolu à balance de Lord Kelvin, construit dans ce but.

Nous avons réussi à rendre le potentiel de décharge

assez constant en introduisant dans l'intérieur du calorimètre à étincelles un peu de substance radioactive.

Pour pouvoir connaître avec exactitude la portion d'énergie qui intervient réellement dans la décharge, nous déterminâmes aussi, avec un galvanomètre expressément construit de façon que l'aiguille fut protégée contre toute action électrostatique, la valeur de la charge résiduelle; mais celle-ci fut constamment négligeable, c'est-à-dire toujours inférieure au centième de la charge initiale.

Energie disponible et sa répartition dans le circuit de décharge.

Le travail dépensé pour conférer le potentiel V au condensateur de capacité C représenterait l'énergie effectivement disponible et devait donc se retrouver dans la décharge, si aucune partie n'en était dissipée dans le diélectrique, en dehors du circuit métallique et de l'étincelle.

Cette dissipation de l'énergie peut atteindre des valeurs sensibles dans les condensateurs à diélectrique solide, mais, dans nos recherches l'inconvénient était rendu inappréciable par l'usage des condensateurs à air ou, du moins, il était certainement d'un ordre inférieur aux erreurs inévitables dans les mesures calorimétriques.

De même en appliquant à nos expériences les calculs de Drude (*l. c.*, p. 369), nous avons trouvé tout à fait négligeable cette portion d'énergie qui s'irradie par ondes électro-magnétiques.

Que la somme des énergies dépensées en dehors

du circuit métallique soit négligeable (dans les limites de précision que nous avons atteintes dans les mesures exécutées du potentiel de décharge et sur la chaleur développée dans l'étincelle) résulte de nos expériences mêmes, de celles rapportées aux tableaux I à VII.

L'on voit par l'examen de ces tableaux que presque toute l'énergie se retrouve sous forme calorifique dans ces deux portions de circuit.

Nous ne pouvons par contre nous passer d'observer que l'incertitude sur la valeur exacte de V (due à la grande variabilité de la longueur effective des étincelles) et le fait que le calorimètre à étincelle ne donne pas la mesure très exacte de toute la chaleur développée dans l'étincelle même ; que ces faits, disons-nous, enlèvent un peu de la valeur de notre comparaison. D'ailleurs, plus que la mesure absolue de l'énergie totale il était intéressant dans ces premières recherches d'étudier sa répartition entre l'étincelle et une portion métallique de résistance connue et ceci nous avons pu l'établir avec une exactitude suffisante.

Conclusions.

De l'examen de ces résultats il nous semble pouvoir conclure :

1° La période d'oscillation concorde dans les limites des erreurs expérimentales, avec la valeur théorique donnée par la formule de Thomson. L'accord moins parfait que l'on a dans le cas de périodes très brèves (environ 7×10^7) dépend de ce que l'on ne peut mettre en ligne de calcul dans ces cas l'auto-induction du circuit.

2° La résistance de l'étincelle pour des décharges peu amorties, dues à des quantités très grandes d'électricité, comme celles données par nos condensateurs, et pour des distances comprises entre 1 et 5 mm., est très faible (inférieure à un ohm). A parité des autres conditions elle croit moins rapidement que la longueur de l'étincelle.

3° La résistance d'un fil plié en spirale est, pour les décharges oscillatoires, beaucoup plus grande que celle qu'offrirait le même fil tendu en ligne droite et croit avec l'augmentation de la fréquence et avec le rapprochement des spires.

4° La somme des énergies calorifiques dépensées par la décharge dans l'étincelle et dans le circuit, concorde assez bien avec la valeur de l'énergie possédée par le condensateur.

5° Avec les électrodes de cadmium, les étincelles sont beaucoup plus régulières que celles obtenues avec des électrodes de platine ou de platino-iridium.

6° Les valeurs que l'on obtient pour la résistance de l'étincelle et pour l'énergie dépensée dans l'étincelle même sont, dans les conditions que nous avons employées, approximativement égales pour des électrodes de platino-iridium et de cadmium.

SUR LA

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE

DU QUARTZ[1]

PAR

Arnold BOREL

(Suite et fin[1].)

IV

Calcul des expériences.

Les expériences, conduites comme il a été dit plus haut, fournissent les valeurs nécessaires au calcul de la constante de Verdet[2].

Celle-ci est donnée en minutes pour une longueur de substance active d'un centimètre, placée dans un champ magnétique d'une unité C G S.

Elle s'obtient par la formule bien connue

$$\omega = \frac{\alpha}{LH}.$$

La dilatation du quartz étant très faible, il n'a pas été nécessaire de réduire sa longueur pour les mesures effectuées à la température ordinaire, les températures des diverses expériences ne variant que d'une dizaine de degrés. En admettant la formule de dilatation de M. Benoît[3],

$$L = L_0 (1 + 0.0000071\ t + 0.0000000085\ t^2,$$

[1] Voir *Archives*, juillet 1903, t. XVI, p. 24.
[2] Verdet. *Ann. de Ch. et Phys.*, 1863, LXIX, 415.
[3] Benoît. *Poids et Mesures*, 1888, VI, 190.

on trouve pour la longueur totale du quartz à 10°, 11^c,8748, et à 20°, 11^c,8757. Cette différence est évidemment négligeable vis-à-vis des erreurs dans la mesure des rotations et du champ magnétique.

Pour les mesures effectuées à 96°, les calculs ont été faits avec la longueur, très voisine d'ailleurs,

$$L_{96} = 11,8830$$

qui résulte de la même formule.

L'exemple suivant donnera la marche générale d'un calcul. J'ai choisi une série d'observations faites sur la raie D à 14°, avec un champ magnétique de 1122 unité C G S.

	Premier sens du courant	Second sens du courant
	117°,18′	109°,52′
	117°,20′	109°,45′
	117°,17′	109°,50′
	117°,22′	109°,54′
	117°,17′	109°,50′
Moyenne	117°,18′,8	109°,50′,2

La rotation simple est :

$$\alpha = \frac{7°,28'6}{2} = 3°,44',3$$

qui, divisée par la longueur du quartz et par l'intensité du champ magnétique, donne la constante de Verdet à 14° :

$$\omega = \frac{3°,44',3}{11,875 \times 1122} = 0,016835.$$

Pour chaque raie il a été fait de 15 à 60 mesures semblables, dont les résultats sont rassemblés dans les tableaux suivants :

TABLEAU I

Constantes de Verdet ω obtenues à la température t.

Raie Cd_1.

t	ω	*t*	ω	*t*	ω
22°	0,013850	22°	0,013857	21	0,013848
20	60	»	85	»	60
»	47	»	28	22	46
22	73	»	77	»	32
»	54	21	22	»	55
»	52	»	39	»	51
»	30	»	67	»	75

Moyenne 0,013853 à la température moyenne de 21°6.

Champ magnétique moyen 1216,8 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 3°20′16.

Raie D.

t	ω	*t*	ω	*t*	ω
22°,1	0,016830	24°,2	0,016869	25°	0,016855
22,2	938	24	822	25,6	842
23,3	923	»	849	»	857
23,8	716	»	900	25	875
»	818	»	813	»	836
»	818	23,2	883	25,3	814
24	908	25	840	25,6	837
23,9	793	25,2	861	»	822
24	802	25,8	870	»	835
25	829	24	822	24,3	821
25,3	858	»	808	»	866
23,5	876	»	839	»	829
23,6	878	»	832	»	809
23,8	818	»	845	»	832
23,9	805	24,5	870	»	849
24	813	24,7	825	»	888
»	876	24,8	836	»	

Moyenne 0,016843 à la température moyenne de 24°4.

Champ magnétique moyen 1194,3 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 3°58′,87.

Raie Cd_4.

t	ω	t	ω	t	ω
23°	0,02284	22°	0,022882	20°	0,022827
»	860	»	820	»	860
»	853	»	872	»	851
20	871	20	862	»	853
»	864	»	859	23	848
»	832	»	837	»	841
»	857	»	829	»	852
22	870	»	899	»	860

Moyenne 0,022854 à la température moyenne de 21°3.

Champ magnétique moyen de 1257,4 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 5°41′,25.

Raie Cd_5.

t	ω	t	ω	t	ω
20°	0,026065	21°	0,026064	22°	0,026086
»	50	»	20	»	41
»	92	»	36	»	53
»	56	»	82	»	41
»	57	»	31	20,5	55
22	66	22	77	»	27
»	42	»	53	»	76
»	30	»	70	»	65

Moyenne 0,026056 à la température moyenne de 21°25.

Champ magnétique moyen 1231,7 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 6°21′,09.

Raie Cd_6

t	ω	t	ω	t	ω
22°8	0,027842	24°	0,027826	21°	0,027854
24	862	»	893	»	866
»	812	»	872	»	854
»	843	»	895	»	871
»	833	»	848	»	816
»	867	»	863	»	810
23	864	»	840	22	845
»	863	22	835	»	855
»	878	»	851	»	865
»	757	»	874	»	882
»	780	»	862	»	837
»	827	»	894	21	854
24	852	»	826	»	839
»	855	»	882	»	852
»	810	»	848	»	874
»	869	21	895	»	837
»	838	»	931		

Moyenne 0,027854 à la température moyenne de 22°6.

Champ magnétique moyen 1262,2 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 6°57′,49.

Raie Cd_9

t	ω	t	ω	t	ω
26°	0,046793	26°	0,046781	25°	0,046785
»	781	23	793	»	785
»	775	»	779	»	783
»	783	»	773	27	765
»	763	»	779	22,2	788

Moyenne 0,046780 à une température moyenne de 24°8.

Champ magnétique moyen 1228 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 11°22′,17.

Raie Cd_{18}

t	ω	t	ω	t	ω
24°	0,109273	26°	0,109252	27°	0,109245
26	260	»	262	23	255
»	251	23	242	25	242
23	270	26	263	23	243
25	241	22,2	247	25	255

Moyenne 0,109253 à une température moyenne de 24°7.

Champ magnétique moyen 1238,7 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 26°47',07.

Raie Cd_{25}

t	ω	t	ω	t	ω
26°	0,160121	24°	0,160504	25°	0,160329
»	238	23	300	»	341
»	321	»	361	»	347
»	350	»	347	22,2	361
»	342	»	320	27	335

Moyenne 0,160327 à une température moyenne de 24°7.

Champ magnétique moyen 1260,3 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 39°59',48.

TABLEAU II

Constantes de Verdet ω obtenues à la température de 96°

Raie Cd_1

ω	ω	ω	ω	ω
0,013998	0,013955	0,013987	0,013987	0,013934
955	958	946	953	960
940	962	978	972	952
994	988	946	994	972
962	942	952	968	967

Moyenne 0,013964.

Champ magnétique moyen 1227,2 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 3°23',63.

Raie D

ω	ω	ω	ω	ω
0,017262	0,016969	0,016992	0,016983	0,017006
7378	7055	6995	7006	7012
7313	6942	6993	6954	6989
6830	6939	7009	6985	7001
6840	6929	6999	6985	7009
6846	7005	6997	7007	7007

Moyenne 0,017008.

Champ magnétique moyen 1130,4 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 3°41',42.

Raie Cd_6

ω	ω	ω	ω	ω
0,028029	0,028027	0,028064	0,028061	0,028069
34	56	87	52	90
46	37	48	60	49
60	64	48	61	56
74	63	48	61	42

Moyenne 0,028055.

Champ magnétique moyen 1250,5 CGS. correspondant à une rotation moyenne de 6°56',89.

V

Correction pour les réflexions successives.

Une cause d'erreur dans la lecture des angles provient des réflexions successives que subit le rayon inci-

dent en traversant les quartz. Ce rayon donne naissance à une série de vibrations d'intensités décroissantes suivant le nombre de réflexions, et qui ont subi des rotations proportionnelles à ces nombres. L'analyseur reçoit ainsi un certain nombre de rayons transmis qui sortent polarisés dans des azimuts différents. L'extinction totale du champ n'est plus possible, on observe un minimum d'intensité. Ce minimum ne correspond pas à la rotation magnétique, il donne une rotation un peu plus élevée.

Proposons-nous de chercher l'angle des sections principales de l'analyseur et du polariseur correspondant à ce minimum.

Lorsque le champ n'est pas excité, toutes les vibrations partielles restent polarisées dans un même plan, leurs divers trajets étant formés, soit d'épaisseurs égales de quartz de rotations contraires, soit d'épaisseurs quelconques parcourues en sens contraires dans un même quartz. Si p est alors l'angle des sections principales du polariseur et de l'analyseur, l'intensité de la vibration transmise par celui-ci est proportionnelle à $\cos^2 p$.

Excitons maintenant le champ et calculons l'intensité et la rotation des divers rayons qui tombent sur l'analyseur.

Soient μ l'indice de réfraction ordinaire du quartz pour la radiation que l'on considère; $n^2 = \left(\frac{\mu - 1}{\mu + 1}\right)^2$ le coefficient de réflexion, et $m^2 = 1 - n^2$ le coefficient de transmission pour un rayon tombant normalement sur une des faces terminales; soit encore α la rotation magnétique subie par une vibration qui a traversé une fois l'épaisseur totale des deux quartz.

Nous aurons, en prenant égale à 1 l'intensité du rayon incident :

1 rayon transmis directement, dont l'intensité est m^8, qui a tourné de α, et qui donne dans l'analyseur une intensité $m^8 \cos^2(p-\alpha)$;
1 rayon réfléchi deux fois dans l'espace qui sépare les quartz et qui donne $n^4 m^8 \cos^2(p-\alpha)$;
2 rayons réfléchis deux fois dans un même quartz et donnant chacun $n^4 m^8 \cos^2(p-2\alpha)$;
2 rayons réfléchis une fois sur la face interne de l'un des quartz et une fois sur la face externe de l'autre, donnant chacun $n^4 m^{12} \cos^2(p-2\alpha)$;
1 rayon réfléchi sur les faces externes des deux quartz, donnant $n^4 m^{16} \cos^2(p-3\alpha)$.

Le coefficient n^2 étant très petit (0,04 environ), nous pouvons négliger les rayons transmis après un plus grand nombre de réflexions, et nous trouvons que l'intensité totale de la lumière transmise par l'analyseur est, en supprimant le facteur m^8, commun à tous les termes :

$$I=(1+n^4)\cos^2(p-\alpha)+2(1+m^4)n^4\cos^2(p-2\alpha)+n^4m^8\cos^2(p-3\alpha)$$

L'observateur donne à l'analyseur la position p, qui rend I minimum. On a donc entre p et α la relation $\frac{dI}{dp}=0$, ou

$$(1+n^4)\sin 2(p-\alpha)+2n^4(1+m^4)\sin 2(p-2\alpha)+n^4m^8\sin 2(p-3\alpha)=0$$

ou encore

$$\operatorname{tang} 2(p-\alpha)=\frac{2n^4(1+m^4)\sin 2\alpha+n^4m^8\sin 4\alpha}{1+n^4+2n^4(1+m^4)\cos 2\alpha+n^4m^8\cos 4\alpha.}$$

On voit que si le champ magnétique est nul, $\alpha=0$ et $tg 2p=0$; la solution qui donne le minimum est

$p = 90°$. Si le champ existe, mais s'il n'y avait pas de réflexions multiples $n = o$

$$\text{tang } 2(p - \alpha) = 0$$

d'où l'on tire

$$p = 90° + \alpha \qquad \text{et} \qquad \alpha = p - 90°$$

Comme il y a des réflexions

$$\text{tang } 2(p - \alpha) = f(\alpha) .$$

Mais ce second membre est très petit, de sorte que $p - \alpha$ reste voisin de 90°.

Pour tirer α de cette équation transcendante, il faut procéder par approximation, en substituant dans le second membre la valeur approchée $\alpha_1 = p - 90°$ que l'on aurait s'il n'y avait pas de réflexions.

Le premier membre prend une valeur déterminée d'où l'on peut tirer une nouvelle valeur approchée α_2. Pour s'assurer de l'approximation, surtout dans l'ultra-violet, où les rotations sont assez considérables, on substitue cette nouvelle valeur α_2 dans le second membre; on obtient une nouvelle valeur α_3 du premier membre, et on continue ainsi jusqu'à ce que les valeurs approchées successives ne varient plus.

La correction $-\Delta_1$ à apporter aux constantes de Verdet ω observées s'obtient par la formule

$$\Delta_1 = \frac{\alpha_1 - \alpha}{\text{L H}}$$

TABLEAU III

Raies	ω observé	— Δ_1	ω corrigé
Cd_1	0,01385	0,00016	0,01369
D	0,01684	0,00018	0,01666
Cd_4	0,02285	0,00026	0,02259
Cd_5	0,02606	0,00030	0,02576
Cd_6	0,02785	0,00032	0,02733
Cd_9	0,04678	0,00055	0,04623
Cd_{18}	0,10925	0,00121	0,10804
Cd_{25}	0,16033	0,00146	0,15887
Cd_1	0,01396	0,00016	0,01380
D	0,01701	0,00018	0,01683
Cd_6	0,02806	0,00032	0,02774

Les trois dernières lignes de ce tableau se rapportent à la température de 96°.

Correction pour le pouvoir rotatoire magnétique de l'air.

Une cause d'erreur qui tend à augmenter la rotation provient de la colonne d'air, soumise à l'influence du champ magnétique, qui est traversée par le rayon lumineux, et dont l'effet s'ajoute à celui du quartz.

Le pouvoir rotatoire magnétique de l'air est connu par les recherches de M. Siertsema[1] mais seulement pour le spectre visible et pour la température ordinaire. Ses résultats sont résumés dans la formule

$$\Omega\, 10^6 = \frac{191,5}{\lambda}\left(1 + \frac{0,241}{\lambda_2}\right)$$

pour l'air à la température de 13°2 et à la pression de 100 kilogrammes, Ω est exprimé en minutes et λ en millièmes de millimètres.

[1] Siertsema. Communications du Laboratoire de physique de Leyde. Supp. n° 1, 1900, 50.

J'ai ramené par le calcul la rotation magnétique de l'air aux conditions de mes expériences, en supposant que les rotations sont proportionnelles aux densités.

J'ai ainsi calculé les valeurs de la constante de Verdet Ω de l'air pour les différentes raies du spectre visible, à 20° et 96°, et à la pression moyenne du laboratoire 728^{mm}. On trouve

Raies	Ω_{20}	Ω_{96}
Cd_1	0,0000046	0,0000036 *
D	0,0000053	
Cd_4	0,0000069	
Cd_5	0,0000079	
Cd_6	0,0000083	0,0000066 *
Cd_9	0,0000146 *[1]	
Cd_{18}	0,0000334 *	
Cd_{25}	0,0000507 *	

La correction qui en résulte pour mes mesures est assez douteuse soit parce que les chiffres ci-dessus sont obtenus en partie par extrapolation, soit parce que la longueur de la colonne d'air qui influe est mal déterminée. Toutefois cette correction étant très petite, il me suffit de la calculer approximativement, et on peut admettre sans grande erreur que l'effet est équivalent à celui d'une colonne d'air ayant 2,5 fois la longueur des quartz et soumise au même champ magnétique que ceux-ci.

La correction s'obtiendra donc en multipliant par 2,5 les constantes de Verdet de l'air, ce qui donne :

[1] Les chiffres marqués d'un astérisque sont obtenus par extrapolation.

TABLEAU IV

Raies	Correction à 20°	ω_{20} corrigé	Correction à 96°	ω_{96} corrigé
Cd_1	0,00001	0,01368	0,00001	0,01379
D	0,00001	0,01665	0,00001	00,1682
Cd_4	0,00002	0,02257		
Cd_5	0,00002	0,02574		
Cd_6	0,00002	0,02751	0,00002	0,02772
Cd_9	0,00004	0,04619		
Cd_{18}	0,00008	0,10796		
Cd_{25}	0,00013	0,15874		

Il est clair que ces corrections rentrent complètement dans les limites des erreurs d'expérience.

VI

Influence de la température et résultats définitifs.

Les recherches sur l'influence de la température ont porté sur trois raies Cd_1, D et Cd_6, parcourant ainsi l'étendue presque complète du spectre visible, et, dans ces limites, leurs résultats, comme le montre le tableau ci-dessous, sont représentés d'une manière satisfaisante par la formule unique

$$\omega_t = \omega_{20}\left[1 + 0,00011\ (t - 20)\right]$$

TABLEAU V

Raies	Longueurs d'onde	ω_{20}	Rotation à 96°		Différence
			observée	calculée	
Cd_1	643,87	0,01368	0,01379	0,01379	
D	589,20	0,01664	0,01682	0,01678	+ 0,00004
Cd_6	467,83	0,02750	0,02772	0,02773	— 0,00001

Les quantités ω_{20} calculées d'après cette formule pour les différentes raies, représentent les constantes de Verdet réduites à la température uniforme de 20°. Les corrections ainsi apportées aux valeurs obtenues directement à des températures diverses peu éloignées de 20°, sont très faibles et se confondent avec les erreurs expérimentales. Nous admettrons sous toutes réserves que, au moins pour cette petite correction, la formule ci-dessus est encore applicable dans l'ultra-violet. Les résultats définitifs du présent travail sont résumés dans le tableau suivant qui donne, pour huit raies des spectres visible et ultra-violet, les constantes de Verdet du quartz, exprimées en minutes pour un centimètre de longueur, et pour un champ magnétique d'une unité CGS. à la température de 20° C.

TABLEAU VI

Raies	Longueurs d'onde	Const. de Verdet
Cd_1	643,87	0,01368
D	589,20	0,01664
Cd_4	508,60	0,02257
Cd_5	480,01	0,02574
Cd_6	467,83	0,02750
Cd_9	360,93	0,04617
Cd_{18}	257,29	0,10790
Cd_{25}	219,39	0,15866

Ces résultats ne s'écartent pas beaucoup de la formule de dispersion de M. H. Becquerel[1]

$$\omega \lambda^2 = k \mu^2 (\mu^2 - 1).$$

En prenant les indices de réfraction du quartz donnés

[1] H. Becquerel. *Ann. de ch. et phys.* 1877, XII, 5.

par M. Sarasin pour les raies du cadmium, et en calculant la constante k d'après la rotation relative à la raie D, cette formule donne en effet

TABLEAU VII

Raies	ω calculé	Différence calc.-obs.
Cd_1	0,01384	+ 0,00016
D	0,01664	Adopté
Cd_4	0,02265	+ 0,00008
Cd_5	0,02558	— 0,00016
Cd_6	0,02701	— 0,00051
Cd_9	0.04741	+ 0,00124
Cd_{18}	0,10677	— 0,00113
Cd_{25}	0,15702	— 0,00164

Les écarts les plus considérables sont dans l'ultraviolet, ils ne dépassent pas 2,75 °/₀, mais paraissent cependant supérieurs aux erreurs expérimentales.

LES
APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite[1].)

TROISIÈME PARTIE

APPLICATIONS CHRONOMÉTRIQUES

Les applications des aciers au nickel à la correction des instruments destinés à la mesure précise du temps sont de trois ordres distincts ; les premières et les plus évidentes ont trait à la construction du pendule des horloges ; d'autres se rapportent au balancier des chronomètres ; les dernières, enfin, concernent le spiral. Je traiterai séparément ces trois genres d'applications.

CHAPITRE IX

CONSTRUCTION D'UN PENDULE A TIGE D'ACIER AU NICKEL

Diverses formes de pendules à tige d'invar. — Trois modes de construction d'un pendule compensé à tige d'invar ont été successivement proposés. Le premier

[1] Voir *Archives,* mars 1903, p. 249; avril, p. 403; mai, p. 514; juin, p. 623.

en date, que j'ai présenté au Comité international des Poids et Mesures en avril 1897, consiste simplement à utiliser la dilatation ascendante de la lentille pour remonter le centre d'oscillation d'autant qu'il est abaissé par la dilatation de la tige (fig. 17 *a*). Si cette dernière est, par exemple, de l'ordre du millionième par degré, la compensation sera obtenue par une lentille en laiton ou même en fonte dont les dimensions n'auront rien d'exagéré.

Le deuxième dispositif (fig. 17 *b*) a été décrit par

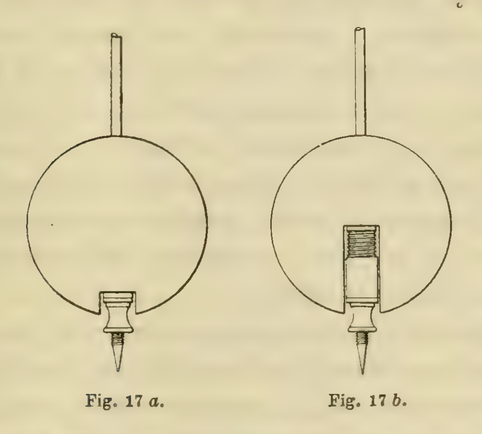


Fig. 17 *a*. Fig. 17 *b*.

M. le Prof. M. Thury, et réalisé dans les ateliers de la Société genevoise. Dans ce pendule, la lentille est échancrée jusque dans son milieu[1] et repose sur une pièce extensible, portée elle-même par l'écrou de réglage.

[1] M. Thury a remplacé récemment la lentille par l'ensemble de deux cylindres verticaux, situés de part et d'autre de la tige et réunis par des entretoises. (Voir *Journal Suisse d'horlogerie*, Tome XXVII, p. 285, mars 1903). Je reviendrai plus loin sur ce dispositif.

Enfin, dans le pendule qu'il a breveté en Allemagne, M. Riefler a modifié le système de M. Thury, en remplacant la pièce extensible par un ensemble de deux cylindres superposés, de métaux différents, dont les longueurs individuelles sont ajustées de manière à constituer un ensemble ayant une dilatation totale déterminée, mais dont la longueur totale est toujours la même, au moins entre des limites données de dilatation de l'invar.

Le premier système est apparemment le plus simple; cependant, il se prête moins bien que les deux autres à des retouches, à moins que, ainsi que je l'avais indiqué dès le début, on donne à la lentille ou tout au moins à sa portion comprise entre son centre et l'écrou de réglage, des dimensions probablement un peu faibles, et qu'on ajuste la compensation par des cales. Le fait d'échancrer la lentille jusqu'en son centre étant indifférent, on voit que ce système ne diffère pas en principe de celui de M. Riefler.

Comme il est avantageux de diminuer autant que possible le nombre des pièces amovibles du pendule, on aura encore recours à ce premier système pour les pendules construits individuellement pour les horloges de haute précision, et pour lesquels on renonce volontiers au bénéfice de la fabrication en série.

A l'autre extrême, c'est-à-dire pour les horloges de la dernière qualité à laquelle on applique encore la compensation, on adoptera le même système à cause de la simplicité de son exécution ; mais alors, loin de calculer chaque lentille, ou même d'adapter chaque lot de lentilles à la dilatation d'un lot déterminé de tiges, on ajustera une fois pour toutes la fabrication sur la

dilatation moyenne de l'invar dont on se sert, et on ne tiendra pas compte des écarts dans les dilatations des divers lots de tiges. Nous verrons dans un instant quelles sont les erreurs qui peuvent résulter de cette manière d'opérer.

Les deux autres systèmes s'appliqueront particulièrement bien aux pendules des qualités intermédiaires, ou même à la première qualité, si l'écrou ou les cylindres supplémentaires peuvent être ajustés au point de ne donner aucune crainte relativement à leur mobilité.

Les variations de marche d'une horloge ne dépendant pas seulement de la dilatation de la tige du pendule, mais aussi des ressorts de suspension, de l'action de l'air, et même de l'échappement et des rouages, on ne pourra guère espérer arriver du premier coup et sans retouches à une compensation parfaite, et on sera généralement remis, pour le dernier réglage, à l'observation de l'horloge elle-même.

Si, cependant, pour un type donné d'horloge, l'ensemble de ces corrections a pu être déterminé empiriquement, on pourra se servir de la correction ainsi trouvée pour toutes les horloges de même construction ; et, si l'on veut pouvoir arriver sans retouches à une compensation aussi parfaite que possible, on déterminera la dilatation de chaque tige isolément, au moyen d'un comparateur. Il ne faut pas oublier, toutefois, que cette opération est longue et difficile, et que, s'il s'agit d'une construction industrielle, on la trouvera généralement trop coûteuse.

Il en est autrement si l'on ne se propose pas d'arriver d'emblée à la plus haute perfection possible dans la compensation. Mes expériences ayant montré que la dilatation

de diverses tiges prises dans une même coulée et traitées d'une façon identique, au double point de vue mécanique et thermique, ne diffèrent pas en général au-delà de $0^{\mu},1$ par degré et par mètre, la compensation pourra être réalisée avec une approximation de 0,004 sec. par jour et par degré pour toutes les tiges prises dans une coulée de laquelle une seule tige a été étudiée avec soin. Comme une forte coulée d'invar peut donner plus de cent tiges des diamètres courants, la question se trouve complètement transformée au point de vue des applications industrielles.

Cette solution s'applique à des horloges très précises, presque exactement réglées d'emblée, mais que des observations poursuivies pendant quelques années permettront sans doute d'améliorer empiriquement encore un peu.

Si, enfin, on règle la compensation une fois pour toutes sur la dilatation de l'invar de qualité moyenne, les écarts entre les divers lots de tiges pourront alors atteindre $0^{\mu},5$ par degré et par mètre, et les écarts de marche des horloges 0,02 sec. par degré et par jour. Cette solution qui admet les lentilles uniformes est encore très bonne pour des horloges assez précises dans leur construction pour marcher dans les limites d'une fraction de seconde par jour.

Cette construction est extrêmement peu coûteuse, les lentilles étant faites en série, sans pièces auxiliaires ; et la seule différence, par rapport au pendule le plus vulgaire, consiste dans la différence de prix entre la tige d'invar et la tige de fer, d'acier ou de bois généralement employée.

Ce qui a été dit précédemment sur les variations avec

le temps suffira pour se faire une idée exacte du petit déréglage des horloges, susceptible de se produire dans le cours des années, et qu'il sera très facile de rectifier par une retouche insignifiante à l'écrou de réglage ou aux masses additionnelles.

Enfin, les expériences de traction faites sur les fils sont de nature à rassurer pleinement sur la possibilité de variations dues à la charge que supporte la tige du pendule. Nous avons vu en effet (p. 532), que les fils d'invar peuvent être soumis à des tractions dépassant certainement 10 kg par mm² sans montrer de changements permanents appréciables. Or la charge à laquelle est soumise la tige d'un pendule dépasse rarement une centaine de grammes par millimètre carré et n'atteint que dans des pendules à tige beaucoup trop mince la centième partie de la charge pour laquelle les premières déformations permanentes des fils ont été aperçues.

Calcul d'un pendule compensé. — Le calcul rigoureux des éléments d'un pendule compensé est laborieux ; mais on peut arriver très simplement à un résultat assez exact pour la pratique, en procédant par deux approximations, dont la première donne la valeur brute de la longueur de la tige et de la pièce compensatrice, et dont la seconde consiste à partir de cette valeur approximative pour en déduire une petite correction additionnelle. Dans le premier calcul, il sera indifférent de supposer soit que la pièce compensatrice fasse partie de la lentille, soit qu'elle consiste en un cylindre indépendant. Nous n'aurons à considérer la dilatation de la lentille en elle-même que pour une petite correction finale, dans laquelle on fera intervenir la variation de son moment d'inertie. Ce dernier étant

très petit comparé au moment d'inertie total du système autour de l'axe d'oscillation, on n'en tiendra pas compte dans le calcul de la longueur de la tige, qui nous intéresse seulement pour la détermination de la pièce compensatrice. La longueur que l'on calcule est très voisine de la longueur vraie, et celle-ci est réglée empiriquement au moyen de l'écrou, le pendule étant achevé.

Supposons donc la lentille ramassée en son centre de gravité, et posons L la distance de ce point à l'axe de suspension, l la longueur comprise entre ce point et l'extrémité de la tige, λ la longueur de la pièce compensatrice, α_2, α_1 les coefficients de dilatation de cette pièce et de la tige ; nous aurons d'abord, en négligeant la masse de la tige,

$$(1) \qquad (L' + \lambda')\alpha_1 = \lambda'\alpha_2 \quad \text{d'où} \quad \lambda' = \frac{L'\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1},$$

λ' étant une valeur provisoire de λ, L' une valeur de L calculée, par exemple, comme pour le pendule simple. En possession de λ', nous pourrons immédiatement fixer l par des raisons de construction, en tenant compte de la longueur de l'écrou.

Le pendule à seconde, que nous prendrons pour type, est défini par la condition

$$(2) \qquad \pi\sqrt{\frac{I}{S}} = 1,$$

I et S désignant respectivement le moment d'inertie et le moment statique du pendule complet.

Introduisant dans cette relation les valeurs de ces quantités et développant, on trouve, pour déterminer L en seconde approximation,

$$(3) \qquad g[(L + l) + 2AL] = \frac{2\pi^2}{3}\,[(L + l)^2 + 3AL^2].$$

A désignant le rapport, toujours plus grand que l'unité, de la masse de la lentille à celle de la tige.

Si l'on a à résoudre numériquement cette équation un grand nombre de fois, il convient de la mettre sous une forme pratique pour le calcul, en substituant à L l'expression $100 + \delta$, où δ est toujours très petit. Pour $g = 981$, toutes les grandeurs étant exprimées dans le système C. G. S., on trouve

$$(4) \qquad \delta = \frac{98{,}8 - 3{,}6A - 1{,}02l - 0{,}020l^2}{1{,}0 + 6{,}07A + 0{,}04l}.$$

Si g a une valeur sensiblement différente de celle qui a été admise, on corrigera L proportionnellement à l'écart relatif des deux valeurs.

On peut maintenant recalculer λ' par la première formule, dans laquelle L' sera remplacé par L.

La condition vraie de la compensation est la suivante :

$$(5) \qquad g\frac{I}{S} = \frac{\frac{1}{3}(L + l)^2 + AL^2}{\frac{1}{2}(L + l) + AL} = C,$$

C étant indépendant de la température. Cette condition peut être écrite

$$(6) \qquad \frac{\Delta I}{\Delta S} = \frac{I}{S}.$$

Faisant varier chacun des termes de l'équation d'une quantité correspondante aux dilatations qui se produisent sur un intervalle de 1 degré, on aura, pour déterminer la seule inconnue λ, l'équation :

$$(7) \qquad \frac{4}{3}\frac{(L + l)^2\alpha_1 + 3AL(L\alpha_1 + \lambda\alpha_1 - \lambda\alpha_2)}{(L + l)\alpha_1 + 2A(L\alpha_1 + \lambda\alpha_1 - \lambda\alpha_2)} = C.$$

Mais nous connaissons déjà la valeur λ', très voisine de λ; nous pourrons donc poser

$$\lambda = \lambda' + \varepsilon,$$

et simplifier l'équation par la relation

$$L\alpha_1 + \lambda'\alpha_1 - \lambda'\alpha_2 = 0\,;$$

posant

$$\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \beta,$$

on aura finalement

$$(8) \qquad \frac{4}{3}\,\frac{(L+l)^2 - 3AL(\beta-1)\varepsilon}{(L+l) - 2A(\beta-1)\varepsilon} = C,$$

d'où

$$(9) \qquad \varepsilon = \frac{(L+l)\,[4(L+l) - 3C]}{6A(2L-C)(\beta-1)}.$$

On voit, d'après l'équation (5), que C n'est pas très différent de L. Le principe même du pendule compensé impose une valeur β beaucoup plus grande que l'unité ; aucun des facteurs du dénominateur ci-dessus n'est donc voisin de zéro, de telle sorte qu'on pourra, dans le calcul numérique, se limiter à un petit nombre de décimales pour toutes les grandeurs intervenant dans la formule, sans jamais commettre sur ε d'erreur affectant le résultat d'une façon appréciable.

Il faut maintenant tenir compte de la suspension que, pour simplifier, nous avons négligée jusqu'ici.

Soient α_3 sa dilatation moyenne, s sa longueur, comptée depuis l'axe d'oscillation jusqu'à l'endroit où la tige commence à se dilater librement. Posons $\alpha_3 - \alpha_1 = \gamma$; on aura, comme première approximation de la longueur additionnelle de la pièce compensatrice annulant l'effet de la suspension,

$$(10) \qquad \lambda_1' = \frac{\gamma s}{\alpha_2}\,;$$

on calculera une seconde approximation en introdui-

sant, dans l'équation (5), l'expression de la dilatation de la suspension et de la partie additionnelle de la pièce compensatrice dans les termes relatifs à la lentille, et la première seulement dans les termes ayant rapport à la tige. Ecrivant la condition de constance de la durée d'oscillation, et résolvant par rapport à λ_1, on trouve

$$(10') \qquad \lambda_1 = \frac{\gamma s}{\alpha_2}\left[1 + \frac{1}{6A}\left(1 + \frac{5l}{L}\right)\right];$$

le terme correctif dépasse rarement 0,05 en pratique.

J'ajouterai une seule remarque concernant la suspension : la grande différence de dilatabilité de l'invar et des métaux usuels produit nécessairement des tensions dans les pièces où cet alliage est enserré dans un métal ordinaire ou inversement. Dans les grands écarts de température, ces efforts peuvent dépasser ceux du serrage et donner lieu à des déplacements permanents. Le cas peut se présenter lorsque la tige d'invar d'un pendule est engagée, à son extrémité supérieure, dans une douille de laiton où elle est serrée et goupillée, et qui porte les crochets de suspension.

Pour éviter les variations de cette nature, M. Riefler forme les crochets par fraisage aux dépens de la tige elle-même, à laquelle il donne, dans le pendule à seconde, un diamètre de 14 mm. C'est peut-être à l'inobservance de cette précaution que l'on doit certains sauts brusques constatés dans la marche de quelques horloges munies du nouveau pendule.

Il reste à indiquer l'expression de la correction relative à l'augmentation du moment d'inertie de la lentille, due à sa dilatation propre, variation indépendante de l'action de la pièce compensatrice. Il faut par consé-

quent distinguer, ce que nous n'avons pas eu à faire jusqu'ici, entre la dilatation de cette dernière et celle de la pièce produisant son mouvement de bas en haut.

Je désignerai maintenant par α_4 le coefficient de dilatation de la lentille. Soient ρ le rayon de giration de la lentille, x la quantité dont nous devons augmenter la pièce compensatrice pour tenir compte de la variation dont nous nous occupons.

Le moment d'inertie de la lentille qui, à la température de départ, est égal à $M\rho^2$ prend, après une variation de la température égale à $\Delta\theta$, la valeur

$$(11) \qquad J + \Delta J = M\rho^2 (1 + \alpha_4 \Delta\theta)^2,$$

dont la variation est sensiblement égale à $2M\rho^2\alpha_4\Delta\theta$.

D'autre part, le moment d'inertie de l'ensemble éprouve, par une ascension correspondante de la lentille, due à la dilatation de la partie additionnelle x de la pièce compensatrice, une variation exprimée par $-2MLx\alpha_2\Delta\theta$. Enfin le moment statique varie à son tour de $-Mx\alpha_2\Delta\theta$.

Si donc nous désignons, comme précédemment, par I et S le moment d'inertie et le moment statique du pendule complet, quantités dont la compensation déjà faite a rendu le quotient constant à la petite correction actuelle près, nous aurons, pour la durée d'oscillation du pendule, l'expression modifiée

$$(12) \qquad T = \pi \sqrt{\frac{I + 2M(\rho^2\alpha_4 - Lx\alpha_2)\Delta\theta}{S - Mx\alpha_2\Delta\theta}};$$

remarquant que les termes additionnels sous le radical sont très petits comparés à I et S, nous pourrons écrire la condition d'invariabilité :

$$(13) \qquad \frac{2}{I}(\rho^2\alpha_4 - Lx\alpha_2) + \frac{x\alpha_2}{S} = 0,$$

d'où l'on tire :

$$x = 2\,\frac{\alpha_4}{\alpha_2}\cdot\frac{\rho^2}{2L - \frac{I}{S}}. \tag{14}$$

Or comme $\frac{I}{S}$ est toujours très voisin de L, on pourra généralement, au degré d'approximation auquel il est nécessaire de connaître x, écrire :

$$x = 2\,\frac{\alpha_4}{\alpha_2}\cdot\frac{\rho^2}{L}. \tag{14'}$$

Nous avons ainsi, dans les relations (1), une valeur approximative de la longueur compensatrice, que nous corrigerons ensuite par les équations (9), donnant une deuxième approximation de λ, par (10) ou (10'), qui tiennent compte de la suspension, et par (14) et (14'), qui font intervenir la variation du moment d'inertie de la lentille. Enfin (4) permet de calculer rigoureusement la longueur vraie du pendule.

Exemple numérique. — Il est intéressant de connaître l'ordre de grandeur des quantités dont ces diverses formules permettront de calculer la valeur [1].

Supposons, par exemple, que nous nous proposions de déterminer les éléments d'un pendule à lentille autocompensatrice en fonte, de dilatation $11{,}2.\,10^{-6}$, alors que la dilatation de la tige est $0{,}865.\,10^{-6}$. Supposons le rapport de la masse de la lentille à celle de la tige égal à 14,5.

[1] Le calcul est beaucoup facilité par l'emploi des tableaux numériques publiés par le *Journal suisse d'horlogerie* (t. XXIV et XXV *passim*). Voir aussi : Ch.-Éd. Guillaume. Le pendule en acier au nickel (Administration du *Journal suisse d'horlogerie*, Genève 1902).

La formule (1) donne, en posant L = 100.

$$\lambda' = 8{,}39 \text{ cm}.$$

Admettons, pour tenir compte des dimensions de l'écrou, $l = 11{,}5$ cm ; on trouve, par (4).

$$\delta = + 0{,}36 \text{ cm},$$

g étant supposé égal à 981 cm : sec^2.

La formule (9) nous donne, β étant égal à 12,95 :

$$\varepsilon = 0{,}16 \text{ cm}.$$

Dans notre projet, la suspension est constituée, par exemple, par un ressort d'acier de 0,5 cm pincé dans une pièce de laiton de 3 cm, dont les dilatations sont respectivement de 10,5 et 18,45. 10^{-6}. La relation (10′) donnera

$$\lambda_1 = 5{,}23 \text{ cm}.$$

Enfin, supposons que la lentille projetée soit constituée par un cylindre de 16 cm de hauteur et 8 cm de diamètre. Le carré de son rayon de giration autour d'un axe passant par son centre de gravité et coupant à angle droit son axe de figure est 25,3 cm^2. On tirera de (14) :

$$x = 0{,}51 \text{ cm}.$$

Dans les conditions supposées, nous aurions donc :

$$L = 100{,}36 \text{ cm}.$$
$$\lambda' + \varepsilon + \lambda_1 + x = 14{,}29 \text{ cm}.$$

Ce résultat est incompatible avec notre projet, puisque la longueur trouvée pour la partie compensatrice de la lentille, située en entier au-dessous de son centre de gravité, dépasse sensiblement la moitié de sa hauteur. Nous aurons donc à modifier nos plans,

soit en allongeant le cylindre de fonte, (ce qui nous obligerait à recalculer x) soit en diminuant l'effet de la suspension, soit enfin en séparant le cylindre de l'écrou par une pièce compensatrice additionnelle.

Supposons que cette solution soit seule adoptée ; nous pourrons encore remplacer les 6,29 cm excédents par 3,82 cm de laiton, ou pratiquer dans le cylindre une cavité de grandeur convenable dans laquelle on logera tout ou partie de la pièce compensatrice.

Cet exemple nous montre avec quelle facilité le problème sera pratiquement résolu par un dispositif auquel le constructeur peut imposer une série de conditions arbitraires, la longueur de la pièce compensatrice se déduisant immédiatement de ces conditions.

Considérations d'ordre pratique. — Les avantages du pendule à tige d'acier-nickel sur le pendule compensé à mercure sont nombreux et évidents.

J'ai déjà signalé, dans mon premier mémoire, la possibilité que donne l'invar, par un choix judicieux de sa teneur, de fournir une compensation complète, par une compensation individuelle de chacun des deux termes de la formule de dilatation. J'insisterai moins aujourd'hui qu'autrefois sur cette possibilité, d'ordre plutôt théorique que pratique, surtout en raison de la difficulté précédemment indiquée de séparer, par la mesure directe, les deux termes de la formule, et de l'incertitude dont le terme quadratique reste toujours affecté. Mais il nous suffit de savoir que ce deuxième terme est toujours très petit et que l'erreur secondaire qu'il peut introduire dans la compensation est, en toutes circonstances, moins important que celui qu'impose au pendule à compensation mercurielle, une tige d'acier ordinaire.

Il me semble, au contraire, qu'on doit attribuer une plus grande importance pratique au fait, déjà signalé, des moindres pertubations dues aux différences de la température du haut en bas de la cage de l'horloge. En effet, le calcul de la compensation suppose l'uniformité de la température, qui n'est jamais rigoureuse, et qui, dans certaines conditions, peut être mal remplie. Les erreurs provenant de cette mauvaise répartition seront naturellement affaiblies, par l'emploi de l'invar, dans la proportion de la dilatation de l'acier ordinaire à l'acier nickel de la tige du pendule. Les résultats précédemment donnés nous montrent que, dans des conditions exceptionnelles, ces erreurs peuvent être même rigoureusement annulées.

On peut rapprocher, des écarts de la température à un moment donné, ses variations dans le cours du temps. Le calcul suppose encore ici que la tige et la lentille ou la pièce compensatrice suivent simultanément les variations de la température ambiante, et c'est pour satisfaire le mieux possible à cette condition qu'on a proposé de mettre la tige, dans son entier, en contact aussi complet que possible avec l'air ambiant en substituant à la lentille entourant la tige de toutes parts, deux cylindres réunis par des traverses, et situés de part et d'autre de la tige[1].

Je crois que, dans ce cas, on a cherché un peu loin l'élimination des erreurs ; en effet, ou l'horloge est soumise à des variations rapides de la température, et marche médiocrement pour bien des raisons indépendantes du pendule ; ou elle est convenablement installée,

[1] Voir p. 173.

et se trouve, par le fait, soustraite aux changements rapides, de telle sorte que la mise en équilibre est pratiquement simultanée. De toutes façons, il ne s'agit jamais que de très petites quantités.

Il est important de noter les avantages résultant, pour le pendule à tige d'invar, comparé au système à mercure, du fait que le premier est entièrement constitué par des pièces solides.

Ces avantages du nouveau pendule deviennent particulièrement sensibles pour le transport des horloges de précision. Il est certainement dangereux, sinon impossible, de confier aux moyens de transport ordinaires un pendule à mercure, sans courir le risque très sérieux de le dérégler complétement. De nombreuses gouttelettes liquides peuvent, en effet, rester attachées aux parties supérieures du vase, tandis que des bulles d'air se collent aux parois et modifient la position du centre de gravité de la masse mercurielle. On évite, il est vrai, ces inconvénients, en transportant le mercure à part, et en l'introduisant dans l'instrument lorsque celui-ci est arrivé à destination. Mais cette manipulation exige une certaine habileté pour être convenablement faite.

Le nouveau pendule est, au contraire, si robuste et si facilement transportable qu'il n'est même pas nécessaire de l'enlever de sa suspension lorsqu'on veut déplacer l'horloge. Je citerai, à l'appui de cette affirmation, le fait suivant : l'année dernière, M. F. Blumbach, membre de la Chambre centrale des Poids et Mesures de l'Empire russe, entreprit un voyage en vue de comparer les valeurs de l'intensité de la pesanteur en diverses stations importantes. L'horloge dont il se servait était un régulateur de Strasser et Rohde, muni d'un

pendule à tige d'invar construit par Riefler. Lorsque M. Blumbach vint, avec ses appareils, au Bureau international, l'horloge était enfermée, toute montée, dans une caisse, le pendule étant simplement maintenu en place par de fortes cales de bois. Aussitôt déballée, l'horloge fut suspendue au mur et le pendule libéré. Rien n'avait été déréglé et M. Blumbach put m'affirmer, en s'appuyant sur les expériences déjà faites à St-Pétersbourg, à Potsdam et à l'Observatoire de Paris, que très peu d'heures après son installation, l'horloge devait avoir repris sa marche parfaitement régulière.

Limites d'emploi du pendule à tige d'acier-nickel. — On peut se demander quelle est la catégorie d'horloges auxquelles une compensation plus ou moins parfaite pourra encore s'appliquer raisonnablement. Il est facile de voir que, dans l'emploi d'un pendule non compensé à tige d'acier, les variations de la marche atteignent près d'une minute par semaine lorsque la température moyenne varie d'une vingtaine de degrés, quantité qui est souvent dépassée par les horloges des clochers ou des gares. On en conclura que toutes les horloges construites de manière à être susceptibles de marcher avec une précision égale à l'écart qui vient d'être indiqué, pourront bénéficier de la compensation. Les horloges de villes, celles des chemins de fer et de toutes les entreprises de transport sont généralement dans ce cas.

Quant aux horloges d'appartement, on n'a pas considéré généralement jusqu'ici comme nécessaire de leur assurer une marche très parfaite ; il est entendu en effet que, chaque fois qu'on les remonte, on s'as-

sure qu'elles sont d'accord avec les horloges de ville, et on les remet à l'heure au besoin. Mais, depuis quelques années, l'horloge électrique indépendante est d'un usage de plus en plus fréquent. Susceptible de marcher pendant des années sans qu'on ait à s'en occuper, elle répond bien, en effet, à l'une des exigences de la vie moderne, et pour cette raison, se répandra de plus en plus. Mais de telles horloges ne sont vraiment pratiques que si elles possèdent une régularité de marche satisfaisante, puisque, n'ayant plus l'occasion de les remonter, on ne songe plus à vérifier leur état. Dans ces conditions, le pendule à tige d'invar le plus ordinaire, c'est-à-dire fabriqué sans que l'on se soit enquis de la qualité de l'alliage employé, assure, dans les plus mauvaises conditions, une régularité de marche de 2 à 3 secondes par semaine à toutes les températures qui sont pratiquement atteintes.

Ces avantages du pendule à tige d'invar n'ont pas manqué de frapper plusieurs fabricants d'horloges parmi les plus importants, et la substitution du nouveau pendule à l'ancien est un fait accompli dans un certain nombre de fabriques. La lenteur avec laquelle cette substitution s'est opérée au début s'explique par la crainte de la nouveauté qui caractérise certaines industries, par la méfiance que devait assez légitimement inspirer un alliage privé de la propriété de se dilater, et auquel on devait être forcément tenter d'attribuer quelque défaut rendant stérile cet avantage.

J'ajouterai à ces raisons le fait d'un antagonisme entre les besoins de la consommation et les possibilités de la production, celle-ci étant tenue, par ses procédés, à travailler sur des quantités importantes de métal,

celle-là, surtout dans la période des essais, procédant par unités isolées sur des modèles existants, et exigeant par conséquent des formes et des dimensions prescrites à l'avance.

Il existe aujourd'hui un nombre assez grand d'horloges munies d'un pendule à tige d'invar et possédant une marche remarquable pour qu'on puisse considérer la période des essais comme terminée ; il a donc été possible d'établir un certain nombre de normes auxquelles les horlogers se rallient, et qui permettent d'aborder la fabrication en quantités suffisantes pour que les usines métallurgiques puissent l'entreprendre. C'est dans ces conditions que les aciéries d'Imphy, de la Société de Commentry-Fourchambault, ont pu constituer des stocks de tiges étuvées et dont la dilatation est assez bien connue pour permettre de satisfaire promptement aux besoins de l'horlogerie à tous les degrés.

(*A suivre.*)

LES

ANHYDRIDES ORGANO-MINÉRAUX

PAR

Amé PICTET

(*Suite*[1])

CHAPITRE III

Action de l'acide acétonitrique sur les alcools

(M. E.-I. Klein)

Alcool éthylique. — Nous avons fait un mélange d'acide acétonitrique et d'alcool éthylique dans la proportion d'une molécule du premier pour deux du second; nous avons fait bouillir ce mélange pendant une demi-heure au réfrigérant ascendant, puis nous l'avons soumis à la distillation fractionnée. Il se dédouble nettement en deux fractions : la première, qui passe à 76-77°, est de l'*acétate d'éthyle* (rendement théorique); la seconde, qui bout entre 110 et 123°, est de l'acide nitrique hydraté. Il ne se forme pas de nitrate d'éthyle ; la réaction a lieu exclusivement selon l'équation suivante :

$$(CH_3COO)_2N(OH)_3 + 2\ C_2H_5OH = 2\ CH_3COOC_2H_5 + N(OH)_5.$$

En effectuant l'opération avec un excès d'alcool, on

[1] Voir *Archives*, XV, p. 589.

arrive au même résultat. La première fraction est un mélange d'éther acétique avec l'alcool en excès, sans trace d'éther nitrique, la seconde fraction est de l'acide nitrique hydraté.

Alcool isobutylique. — En procédant de la même manière, on obtient comme produits principaux de l'acide nitrique et de l'*acétate d'isobutyle* (point d'ébullition 116-118°), ce dernier avec un rendement de 88 °/₀ de la théorie. Le déficit de 12 °/₀ est dû à une légère oxydation qui fournit, d'une part des substances à point d'ébullition élevé, que nous n'avons pas étudiées et de l'autre une petite quantité de nitrite d'isobutyle, qui passe vers 70°.

Alcool isoamylique. — Mêmes résultats. En partant de 50 gr. d'alcool et de 52 gr. d'acide acétonitrique, nous avons obtenu :

10 gr. de nitrite d'amyle, passant à 98°

22 gr. d'acide nitrique » 100-120°.

62 gr. d'acétate d'amyle, » 135-138° (rendement 85 °/₀),

3 gr. d'un résidu constitué par des produits d'oxydation.

En résumé, l'action de l'acide acétonitrique sur les alcools réside essentiellement en une éthérification de l'alcool par l'acide acétique, avec mise en liberté d'acide orthonitrique. Les alcools se comportent donc, vis-à-vis de l'acide acétonitrique, comme l'eau. Ils le décomposent, séparent les radicaux des deux acides constituants et s'unissent à eux de telle manière que l'hydrogène de l'alcool se combine au reste de l'acide orthonitrique, et le radical de l'alcool à celui de l'acide acétique.

Dans aucun cas nous n'avons observé la réaction inverse, avec formation d'un éther nitrique et d'acide acétique libre.

Ce fait, qui se retrouve pour d'autres anhydrides organo-minéraux, nous semble de nature à élucider le mécanisme de l'éthérification des alcools par les acides organiques en présence des acides minéraux forts (sulfurique, chlorhydrique, etc.). Il est probable que, dans tous ces cas, il y a d'abord formation d'un anhydride mixte par combinaison de l'acide minéral avec l'acide organique, puis que cet anhydride réagit ensuite sur l'alcool, de la même manière que l'acide acétonitrique.

CHAPITRE IV

Action de l'acide acétonitrique sur l'anhydride acétique

(M. P. Genequand.)

On pouvait s'attendre à ce que l'anhydride acétique réagît sur l'acide acétonitrique, soit en introduisant dans sa molécule de nouveaux groupes acétyle, soit en le convertissant par déshydratation dans l'acide $NO(OH)(OCOCH_3)_2$. L'expérience nous a conduit à un troisième résultat, de sorte qu'il faut admettre que, si l'une des deux réactions ci-dessus se produit en premier lieu, elle est immédiatement suivie d'une autre, qui attaque plus profondément la molécule.

Cette réaction étant des plus violentes, il est nécessaire de refroidir fortement l'acide acétonitrique et d'y laisser couler lentement la quantité équimoléculaire d'anhydride acétique. Abandonné ensuite à lui-même, le mélange se réchauffe peu à peu et entre bientôt en

ébullition, tandis qu'il se dégage d'abondantes vapeurs rouges. Cette effervescence une fois calmée, on chauffe encore quelques minutes au réfrigérant ascendant, puis on distille. Le liquide passe tout entier entre 115 et 120° ; il ne renferme donc plus ni acide acétonitrique, ni anhydride acétique ; c'est de l'*acide acétique* tenant en dissolution une petite quantité d'un autre corps. Il se trouble, en effet, par addition d'eau et laisse déposer des gouttelettes huileuses, qui se rassemblent rapidement au fond du récipient, formant une couche insoluble jaune-clair. Celle-ci est séparée, lavée avec du carbonate de soude, séchée sur du chlorure de calcium et enfin rectifiée. On obtient ainsi un liquide incolore, bouillant sans décomposition à 126° et se solidifiant en une masse cristalline lorsqu'on le refroidit à + 13°.

L'analyse montre que ce corps est le *tétranitrométhane* $C(NO_2)_4$.

I.	0,2146 gr. subst.;	0,0502 gr. CO_2 ;	0,0031 gr. H_2O
II.	0,1768 »	44,4 cmc N à 15° et 737^{mm}	
III.	0,2066 »	51,5 cmc N à 11° et 731,5^{mm}	

	Trouvé			Calculé pour
	I	II	III	CN_4O_8
C	6,38 %	—		6,12 %
H	0,14	—		0,00
N	—	28,58 %	28,65 %	28,56

On ne connaissait jusqu'ici qu'un seul mode de formation du tétranitrométhane, c'est celui qui a été indiqué, il y a une quarantaine d'années, par Schischkoff[1]. Ce chimiste avait obtenu de petites quantités de ce composé au moyen d'une série de réactions assez compliquées à partir du fulminate de mercure. La courte

[1] *Liebig's Annalen*, **119**, 248 (1861).

description qu'il en donne s'applique exactement à notre produit, et nous n'avons que peu de chose à y ajouter. D'après nos observations, le tétranitrométhane est insoluble dans l'eau, les acides et les alcalis, mais il se dissout en toutes proportions dans les solvants organiques. Sa densité est 1,650 à 13°, son indice de réfraction $n_D = 1,43985$ à 17°.

Le mécanisme de sa formation par réaction de l'acide acétonitrique sur l'anhydride acétique est assez difficile à établir, car cette réaction est si vive qu'il ne saurait être question d'isoler des produits intermédiaires. La manière la plus simple de l'interpréter serait de l'exprimer par l'équation suivante :

$$4\,(CH_3COO)_2\,N(OH)_3 + 4(CH_3CO)_2O$$
$$= 15\,CH_3COOH + CO_2 + C(NO_2)_4.$$

Il est probable qu'il se forme en premier lieu de l'acide trinitroacétique, $C(NO_2)_3COOH$, que celui-ci se dédouble en anhydride carbonique et nitroforme, $CH(NO_2)_3$ et qu'enfin ce dernier se nitre encore en donnant le tétranitrométhane.

Il faut noter cependant qu'une petite partie seulement de la substance réagit dans le sens indiqué, et que le rendement en tétranitrométhane ne dépasse en aucun cas le 10 % de celui qui se calcule d'après l'équation ci-dessus. La plus grande partie de l'acide acétique est complètement brûlée, ainsi qu'on peut en juger par l'énorme quantité de vapeurs rouges qui se dégagent, et qui sont mélangées, ainsi que nous l'avons constaté, à une forte proportion d'anhydride carbonique. Nous avons vainement cherché à augmenter le rendement en tétranitrométhane, soit en opérant à d'autres températures, soit en modifiant les quantités respectives des deux substances mises en présence. Nous n'avons pu

que nous convaincre que les proportions les plus favorables sont encore celles de notre première expérience, soit une molécule d'acide acétonitrique pour une d'anhydride acétique.

Nous croyons cependant que, malgré ce faible rendement, la réaction que nous venons de décrire constitue un procédé commode et rapide pour obtenir le tétranitrométhane, que l'on ne pouvait guère songer à préparer en quantités un peu notables par la voie compliquée que Schischkoff a suivie.

CHAPITRE V

Action de l'acide acétonitrique sur quelques composés aromatiques

(M. E.-I. Klein.)

Iodobenzène. — Il était intéressant de rechercher si l'acide acétonitrique agirait sur l'iodobenzène, C_6H_5I, en le nitrant, ou en le transformant par oxydation en iodosobenzène $C_6H_5.IO$ ou en iodylobenzène $C_6H_5.IO_2$, ainsi que le font, par exemple, le réactif de Caro et le chlorure de chaux.

10 gr. d'iodobenzène (1 mol.) et 17 gr. d'acide acétonitrique (2 mol.) sont chauffés pendant deux heures à l'ébullition. Par refroidissement, il se dépose de longues aiguilles qui, après cristallisation dans l'alcool, fondent à 171-172°; elles constituent le p-*nitroiodobenzène*[1]. Le rendement s'élève au 97 °/₀ de la théorie.

Dans les eaux-mères nous avons trouvé une très faible quantité d'o-*nitroiodobenzène*[2] fusible à 49°.

[1] Kekulé, *Liebig's Annalen*, **137**, 168.

[2] Körner, *Gazetta chim. italiana*, **1874**, 305.

L'acide acétonitrique agit donc sur l'iodobenzène comme l'acide nitrique lui-même, en le nitrant et non en l'oxydant.

Nitrobenzène. — Il n'est pas attaqué par l'acide acétonitrique, même après six heures d'ébullition.

Aniline. — En faisant bouillir pendant trois heures, on n'obtient que des produits d'oxydation incristallisables et fortement colorés en bleu. On va voir que, dans des conditions spéciales, l'aniline fournit un composé mieux défini.

Quinoléine. — Nous nous sommes servis pour cet essai d'un échantillon de quinoléine de synthèse (*Chinolin puriss. synthet.*) provenant de la maison E. Merck à Darmstadt. Nous avons additionné 5 gr. de ce produit de 14 gr. d'acide acétonitrique, ce qui correspond à une mol. de quinoléine pour deux d'acide, et nous avons fait bouillir ce mélange au réfrigérant ascendant pendant 5 heures. Le liquide, de verdâtre qu'il était au début, devient jaune, puis brun. On le laisse refroidir, puis on le verse dans dix fois son volume d'eau. Il se forme immédiatement un précipité volumineux, d'un beau jaune. Celui-ci, recristallisé dans l'eau chaude, se transforme en aiguilles jaune pâle, fusibles à 201°, facilement solubles dans l'alcool et dans le benzène. L'analyse de ce corps nous a donné les résultats suivants :

I. 0,1566 gr. subst. - 0,2897 gr. CO_2 - 0,0443 gr. H_2O

II. 0,1538 gr. subst. 21,5 cmc N à 20° et 740^{mm}

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{15}H_{10}N_4O_7$
C	50,49 %	—	50,27 %
H	3,17	—	2,80
N	—	15,64 %	15,63

Ce corps est le *picrate de quinoléine*. Chauffé avec une solution de carbonate de soude, il fournit de la quinoléine, qui distille avec les vapeurs d'eau, tandis que la solution alcaline donne ensuite, par addition d'acide chlorhydrique, un précipité d'acide picrique.

C'est donc ce dernier acide qui forme le produit de la réaction de l'acide acétonitrique sur la quinoléine. Ce résultat nous a beaucoup surpris, car tous les essais d'oxydation de cette base ont conduit jusqu'ici à des dérivés de la pyridine et jamais à des dérivés du benzène, montrant ainsi que le noyau pyridique de la quinoléine résiste mieux à la rupture que le noyau aromatique. Dans le cas présent, ce serait le contraire qui se serait produit. Aussi nous sommes-nous demandé si l'acide picrique, qui se forme du reste en quantité relativement faible, résultait bien réellement d'une transformation de la quinoléine elle-même, ou s'il ne proviendrait pas plutôt d'une impureté que contiendrait le produit commercial.

Pour élucider ce point, nous avons fait les essais suivants :

1. Nous avons soumis à l'action de l'acide acétonitrique, dans des conditions identiques aux précédentes, un autre échantillon de quinoléine, provenant aussi de la maison Merck, mais constituant cette fois la quinoléine du goudron *(Chinolin puriss. aus Theer)*.

2. Nous avons préparé une certaine quantité de *quinaldine* (α-méthylquinoléine) d'après le procédé synthétique de Dœbner et von Miller[1], qui consiste, comme

[1] *Berichte*, **16**, 2465.

on sait, à chauffer l'aniline avec la paraldéhyde et l'acide chlorhydrique. Après avoir purifié cette base selon les indications des auteurs, nous l'avons traitée par l'acide acétonitrique bouillant.

Dans le premier cas, nous avons obtenu de nouveau du picrate de quinoléine, et dans le second un autre corps que nous avons pu identifier par son point de fusion (191°) et par ses autres propriétés au *picrate de quinaldine.*

Ces deux essais semblaient démontrer que c'est bien le noyau aromatique de la quinoléine et de la quinaldine qui, par oxydation et nitration, fournit l'acide picrique obtenu dans les deux cas. Les essais suivants nous ont prouvé cependant qu'il n'en est rien et que c'est l'autre explication qui doit être adoptée.

3. Dans le traitement de la quinoléine par l'acide acétonitrique, une petite partie seulement, avons-nous dit (environ un dixième) est convertie en picrate. Lorsqu'on a séparé celui-ci par précipitation au moyen de l'eau, la quinoléine non attaquée reste en solution à l'état de nitrate. On peut la récupérer par addition d'alcali. Nous avons ainsi retiré la base dans nos deux premières expériences, faites avec la quinoléine synthétique et avec celle du goudron. Or, ayant voulu utiliser cette quinoléine ainsi régénérée pour la préparation d'une nouvelle quantité de picrate, *nous n'en avons pas obtenu la moindre trace.* Ce fait prouve nécessairement que l'acide picrique ne provient point de la quinoléine elle-même, mais d'une impureté que tous les échantillons renferment et qui est entièrement éliminée par un premier traitement à l'acide acétonitrique.

Or quelle est l'impureté que l'on peut *a priori* supposer exister à la fois dans la quinoléine synthétique, dans celle du goudron et dans la quinaldine? La substance à laquelle on songe en tout premier lieu est l'*aniline*. C'est elle, en effet, qui sert de point de départ pour la préparation de la quinoléine et de la quinaldine de synthèse; elle se trouve aussi, comme on le sait, dans le goudron. Les essais suivants montrent que c'est bien à la présence de cette base que sont dus les résultats que nous avons obtenus.

4. Nous avons soumis la quinoléine du goudron, et celle de synthèse, à la distillation fractionnée. Nous en avons retiré, dans les deux cas, une fraction, peu considérable il est vrai, passant au-dessous de 200°. Nous avons additionné cette fraction d'anhydride acétique, ce qui a donné lieu à un fort dégagement de chaleur. Le produit, distillé, a passé vers 280° sous la forme d'une huile épaisse, qui s'est solidifiée au contact d'un cristal d'acétanilide. Recristallisée dans l'eau ou dans l'éther de pétrole, la substance s'est montrée en tous points identique à l'*acétanilide*.

5. Nous avons pris la quinoléine de synthèse, régénérée du premier traitement par l'acide acétonitrique et ne donnant plus d'acide picrique par un second traitement. Nous l'avons additionnée de 5 °/₀ d'aniline et nous avons fait bouillir le mélange avec l'acide acétonitrique. Nous avons obtenu de nouveau le picrate de quinoléine, en quantité à peu près égale à celle que nous avait fournie la quinoléine brute.

Nous concluons de ces diverses expériences :

1° Que la quinoléine pure n'est pas attaquée à l'ébullition par l'acide acétonitrique.

2° Qu'en revanche l'aniline est transformée par cet agent en acide picrique lorsque la réaction a lieu en présence de quinoléine ou de quinaldine. Il faut attribuer à ces dernières bases une action prédisposante ou admettre qu'elles soustraient l'acide picrique à une transformation ultérieure en formant avec lui un sel qui résiste à l'action de l'acide acétonitrique.

Acétanilide. — Elle est attaquée violemment par l'acide acétonitrique. Lorsqu'on verse le produit sur de la glace, il se précipite un corps brun-rouge, que l'on recristallise dans l'acide acétique et qui fond alors à 207-208°; c'est l'*acétyl*-p-*nitraniline*[1].

La solution aqueuse séparée par filtration de ce précipité est agitée avec du chloroforme. Elle lui cède une substance qui, après évaporation du dissolvant et recristallisation dans l'eau, fond à 78° et constitue l'*acétyl*-o-*nitraniline*[2].

La quantité du dérivé *para* est environ dix fois plus forte que celle du dérivé *ortho*.

Acétyldiphénylamine. — 38 gr. de ce composé sont mélangés à 35 gr. d'acide acétonitrique et le tout chauffé à l'ébullition pendant une heure. Le produit, qui est devenu huileux, est dissous à chaud dans l'acide acétique. Il se dépose par refroidissement de beaux cristaux incolores, fusibles à 197°, tandis qu'une autre substance reste dans les eaux-mères; l'addition d'eau la précipite sous la forme d'une poudre cristalline jaune qui fond à 178°.

[1] Grethen, *Berichte*, **9**, 775.
[2] Beilstein et Kurbatow, *Liebig's Annalen*, **197**, 83.

L'analyse de ce dernier corps montre que c'est une *tétranitrodiphénylamine.*

I. 0,1597 gr. subst. 0,2456 gr. CO_2; 0,0316 gr. H_2O
II. 0,1539 » 28,5 cmc N à 24,5° et 730^{mm}.

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{12}H_7N_5O_8$
C	41,94 %	—	41,26 %
H	2,19	—	2,01
N	—	19,87 %	20,05

Son point de fusion l'identifie avec le dérivé *di-orthopara*

NO_2—⬡—NH—⬡—NO_2
NO_2 NO_2

que Hager[1] a obtenu en traitant par la potasse l'*o-p*-dinitrodiphényluréthane.

Quant au premier corps (point de fusion 197°), son analyse conduit à la formule $C_{14}H_9N_5O_9$, qui est celle du dérivé acétylé du précédent.

0,1532 g. subst.; 0,2391 g. CO_2; 0,0340 g. H_2O

	Trouvé	Calculé pour $C_4H_9N_5O_9$
C	42,56 %	42,96 %
H	2,48	2,30

L'action de l'acide acétonitrique sur l'acétyldiphénylamine consiste donc en une nitration, accompagnée de la saponification d'une partie de la substance.

Phénol. — L'action de l'acide acétonitrique sur le phénol est si vive, même si l'on prend les deux corps dans la proportion équimoléculaire, qu'on doit la modérer en refroidissant très fortement. Le produit est un

[1] *Berichte*, **17**, 2629.

mélange d'ortho et de para-nitrophénol, comme dans la nitration par l'acide nitrique. La quantité du dérivé *ortho* semble cependant un peu plus grande ; elle forme le 50 % du phénol mis en œuvre.

Paranitrophénol. — L'action est également très vive et doit être modérée par le refroidissement. Le produit cristallise immédiatement et constitue l'o-p-*dinitrophénol* fusible à 114°, sans mélange d'aucun isomère. Le rendement est théorique.

Para-aminophénol. — Nous pensions obtenir de la quinone, ou peut-être une nitroquinone. On va voir que l'oxydation va d'emblée plus loin. La réaction étant très violente, nous avons cherché à la modérer en diluant avec du chloroforme. 4 gr. d'aminophénol ont été mis en suspension dans 50 gr. de chloroforme et additionnés de 47 gr. d'acide acétonitrique. La réaction a lieu sans qu'il y ait besoin de chauffer et se manifeste par un dégagement régulier de gaz. Lorsque celui-ci a cessé, nous concentrons fortement la solution. Il se dépose bientôt des cristaux que leurs propriétés caractérisent comme étant de l'*acide oxalique.* Nous n'avons pas trouvé d'autres produits.

Diacétyl-p-*aminophénol*, $C_6H_4<^{OCOCH_3(1)}_{NHCOCH_3(4)}$. — Préparé suivant les indications de Ladenburg[1] en chauffant le *p*-aminophénol avec l'anhydride acétique, ce composé ne s'est pas montré plus résistant que le précédent à l'action de l'acide acétonitrique, et n'a fourni comme lui que de l'acide oxalique.

Hydroquinone. — Suspendue dans une grande

[1] *Berichte*, **9**, 1528.

quantité de chloroforme, l'hydroquinone réagit vivement à froid avec l'acide acétonitrique, et entre en solution. Le liquide, évaporé à siccité, laisse un résidu de quinone pure.

Diacétylhydroquinone. — 2 gr. de ce composé, préparé en faisant réagir le chlorure d'acétyle sur une solution d'hydroquinone dans la pyridine, sont chauffés au bain-marie avec 10 gr. d'acide acétonitrique. Une fois la réaction terminée, la solution est évaporée à sec; le résidu est de l'acide oxalique.

Aldéhyde benzoïque. — Elle n'est pas attaquée à froid par l'acide acétonitrique. A la température du bain-marie elle est transformée en acide benzoïque; il ne se forme pas d'aldéhyde ou d'acide nitrobenzoïque.

Acide phtalique. — L'acide phtalique se dissout à chaud dans l'acide acétonitrique et ne cristallise plus par refroidissement. Si l'on évapore la solution au bain-marie, on obtient de l'anhydride phtalique. L'acide acétonitrique agit donc ici comme déshydratant.

L'anhydride phtalique lui-même n'est pas attaqué par l'acide acétonitrique, même après une longue ébullition.

Triphénylméthane. — 5 gr. de ce corps sont mis en suspension dans du chloroforme et additionnés de 3 gr. d'acide acétonitrique, ce qui provoque leur dissolution. Par concentration il se dépose des prismes brillants qui fondent à 159° et présentent tous les caractères du triphénylcarbinol.

Anthracène. — 7 gr. d'anthracène sont chauffés pendant deux heures au bain-marie avec un excès d'acide acétonitrique, puis le produit est versé dans l'eau froide. Il se forme un précipité orangé; celui-ci

est un mélange de deux substances, que l'on peut séparer par cristallisation fractionnée dans l'acide acétique glacial. La moins soluble est l'*α-nitroanthraquinone* de Römer[1] (p. de f. 218-220°), la plus soluble est la *dinitroanthraquinone* de Böttger et Petersen[2] (p. de f. 256°). L'anthracène est donc à la fois nitré et oxydé et l'on obtient les deux mêmes dérivés que par l'action de l'acide nitrique sur l'anthraquinone en présence d'acide sulfurique.

Phénanthrène. — En procédant de même, nous n'avons obtenu que de la phénanthrène-quinone, sans mélange de dérivés nitrés.

CHAPITRE VI

Action de l'acide acétonitrique sur les naphtols et les naphtoquinones

(M. R. de Krijanowski)

On sait que l'acide nitrique, même lorsqu'il agit à basse température, transforme directement les naphtols en dérivés dinitrés, et que l'on n'a jamais pu obtenir par ce moyen les dérivés mononitrés.

Nous avons constaté que les mononitronaphtols prennent facilement naissance lorsqu'on remplace l'acide nitrique par l'acide acétonitrique. Le groupe NO_2 vient occuper la position voisine de l'hydroxyle, et il ne se forme pas d'isomères. Avec l'α-naphtol il se produit cependant par oxydation une petite quantité d'α-naphtoquinone.

[1] *Berichte*, **15**, 1787.
[2] *Liebig's Annalen*, **160**, 147.

α-Naphtol. — Refroidi par un mélange de glace et de sel, l'α-naphtol réagit encore très vivement avec la quantité équimoléculaire d'acide acétonitrique. On obtient un produit goudronneux que l'on purifie par distillation avec les vapeurs d'eau ; il passe une subtance solide jaune qui, par cristallisation dans l'alcool, se convertit en fines aiguilles fusibles à 128°.

Analyse : I. 0,2225 g. subst. - 0,5199 g. CO_2 - 0,0764 g. H_2O

II. 0,2084 » - 14,5 cmc N à 25° et 732mm

	Trouvé I	Trouvé II	Calculé pour $C_{10}H_7NO_3$
C	63,73 %	—	63,49 %
H	3,82	—	3,70
N	—	7,43 %	7,41

Les propriétés de ce corps l'identifient avec le *nitronaphtol* 2-1

OH

NO_2

obtenu par Fuchs[1] en oxydant le nitroso-α-naphtol et par Liebermann[2] en nitrant l'acétyl-α-naphtylamine et en faisant bouillir le produit avec la soude. Son *acétate* présente le point de fusion 118° indiqué par Grandmougin et Michel[3].

L'*α-naphtoquinone*, qui se forme en très petite quantité à côté du nitronaphtol, peut être extraite par l'acide acétique ou la ligroïne bouillante du résidu de la distillation aux vapeurs d'eau, et a été caractérisée par son point de fusion (125°) et ses autres propriétés.

[1] *Berichte*, **8**, 629.
[2] *Annalen*, **183**, 246.
[3] *Berichte*, **25**, 972.

β-Naphtol. — Traité de la même manière, il fournit par distillation avec l'eau un corps qui cristallise dans l'alcool en paillettes jaune rougeâtre. Ce corps fond à 103° et constitue le *nitronaphtol* 1.2.

NO_2
OH

Il est identique à celui que Stenhouse et Groves[1], ainsi que Liebermann et Jacobson[2] ont préparé par oxydation du nitroso-β-naphtol et par nitration de l'acétyl-β-naphtylamine.

Analyse : I. 0,1874 g. sbst. - 0,4377 g. CO_2 - 0,0665 g. H_2O
II. 0,2912 » - 20 cmc N à 21° et 723^{mm}

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{10}H_7NO_3$
C	63,70 %	—	63,49 %
H	3,94	—	3,70
N	—	7,40 %	7,41

Son *éther éthylique*, préparé au moyen de l'iodure d'éthyle et de la potasse, cristallise dans l'acide acétique en aiguilles jaunes possédant le point de fusion 103-104° indiqué par Wittkampf[3].

Les *éthers méthyliques des naphtols* donnent aussi à froid avec l'acide acétonitrique des dérivés mononitrés. Le groupe NO_2 entre dans la même position que chez les naphtols.

[1] *Annalen*, **189**, 151.
[2] *Annalen*, **211**, 46.
[3] *Berichte*, **17**, 394.

L'*α-naphtolate de méthyle* fournit de longues aiguilles brun-marron fusibles à 80°.

Analyse : I. 0,2192 g. sbst - 0,5233 g. CO_2 - 0,0871 g. H_2O
II. 0,2807 » - 18,4 cmc N à 21° et 724mm

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{10}H_6.OCH_3.NO_2$
C	65.11 %	—	65,02 %
H	4,42	—	4,43
N	—	7,07 %	6,90

On obtient le même corps en méthylant le nitronaphtol 2.1 par la potasse et l'iodure de méthyle, ce qui fixe sa constitution (formule I).

Le *β-naphtolate de méthyle* donne avec l'acide acétonitrique des paillettes jaunes qui fondent à 126°.

Analyse : I. 0,1503 g. sbst. - 0,3589 g. CO_2 - 0,0637 g. H_2O
II. 0,3339 » - 21,1 cmc N à 20° et 737mm

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_{10}H_6.OCH_3.NO_2$
C	65,12 %	—	65,02 %
H	4,71	—	4,43
N	—	6.97 %	6,90

Le même dérivé prend naissance par l'action de la potasse et de l'iodure de méthyle sur le nitronaphtol 1.2; cela montre que sa constitution répond à la formule II :

OCH_3 NO_2 (I) — NO_2 OCH_3 (II)

I II

α-Naphtoquinone. — Elle n'est pas attaquée à froid par l'acide acétonitrique, mais la réaction a lieu dès que l'on chauffe légèrement; elle donne naissance à de

l'acide phtalique, accompagné d'une notable quantité d'une *oxynaphtoquinone*. Celle-ci cristallise dans le chloroforme en prismes rouges, et dans l'alcool en aiguilles de même couleur; elle fond à 154° et présente toutes les autres propriétés et toutes les réactions de la *juglone* (oxynaphtoquinone 1.4.5), retirée par Vogel et Reischauer[1] du brou de noix et étudiée depuis lors par Mylius, Bernthsen et d'autres.

Il ne se forme pas, dans cette réaction, de dérivés nitrés.

β-Naphtoquinone. — Elle ne fournit, en revanche, avec l'acide acétonitrique, que la *nitronaphtoquinone 1.2.3* (point de fusion 158°), identique à celle que l'on obtient par l'action de l'acide nitrique (Stenhouse et Groves[2]).

Analyse : 0,1731 gr. subst. - 11,2 cmc N à 17° et 728mm.	
Trouvé	7,15 % N
Calculé pour $C_{10}H_5NO_4$	6,90

D'après les essais qui viennent d'être relatés, on voit que les propriétés chimiques de l'acide acétonitrique se rapprochent beaucoup de celles de l'acide nitrique lui-même; elles s'en distinguent cependant dans plusieurs cas par une différence d'intensité. On peut les résumer comme suit :

Action oxydante énergique.
Action nitrante faible.

En cela l'acide acétonitrique est comparable, non

[1] *Jahresbericht*, **1856**, 693.
[2] *Annalen*, **194**, 203.

point à l'acide nitrique concentré HNO_3, mais à l'acide nitrique dilué, autrement dit à l'acide orthonitrique $N(OH)_5$ dont il constitue le dérivé diacétylé.

L'acide acétonitrique oxyde l'hydroquinone, l'aldéhyde benzoïque, le triphénylméthane, le phénanthrène, l'α-naphtoquinone. Il brûle complètement et transforme en acide oxalique le *p*-aminophénol et son dérivé diacétylé, la diacétylhydroquinone, etc.

Il nitre en revanche d'autres composés aromatiques (iodobenzène, phénol, nitrophénol, acétanilide, acétyldiphénylamine, β-naphtoquinone, α- et β-naphtol). Mais il n'introduit jamais, même à l'ébullition, qu'un seul groupe NO_2 dans le noyau benzénique, et il montre une tendance marquée à donner naissance à une forte proportion de dérivés *ortho*. D'autre part, il est sans action sur plusieurs composés que l'acide nitrique attaque dans les mêmes conditions, tels que le nitrobenzène, les acides benzoïque et phtalique, la phénanthrène-quinone.

C'est donc un agent de nitration faible. On pourra l'employer toutes les fois que l'acide nitrique serait trop énergique. C'est du reste ce que l'on fait déjà depuis longtemps lorsqu'on utilise le procédé bien connu de la nitration en solution acétique. Il n'y a aucun doute, en effet, que, dans cette opération, l'acide nitrique s'unit en premier lieu à l'acide acétique pour former l'acide acétonitrique, et que c'est celui-ci qui réagit ensuite sur la substance dissoute.

Un autre avantage que l'acide acétonitrique présente sur l'acide nitrique résulte du fait qu'il dissout plus aisément les substances organiques; le contact est ainsi rendu plus parfait et la réaction (oxydation ou nitration) s'en trouve facilitée.

Rappelons encore que dans certains cas (anthracène, aniline), l'acide acétonitrique agit à la fois comme nitrant et oxydant, que dans d'autres (acide phtalique) il exerce une action déshydratante et qu'enfin il réagit sur les alcools par l'intermédiaire de ses groupes acétyle, en les transformant en éthers acétiques.

L'étude de ces actions multiples sera du reste poursuivie.

CHAPITRE VII

L'ACIDE PROPIONITRIQUE

(M. P. Genequand)

L'acide propionique donne avec l'acide nitrique un produit d'addition tout à fait analogue à l'acide acétonitrique et que nous appelons *acide propionitrique*. On l'isole facilement à l'état de pureté, comme son homologue inférieur, par distillation fractionnée du mélange. C'est un liquide incolore, possédant à 16° une densité de 1,114; il bout à 140-141° sous la pression de 731^{mm} et à 53-54° sous celle de 17^{mm}.

Son analyse conduit à la formule

$$(C_2H_5.COO)_2N(OH)_3$$

I. 0,2320 gr. subst. - 0,2956 gr. CO_2 - 0,1371 gr. H_2O
II. 0,3344 » - 20,2 cmc N à 20° et 733,5^{mm}

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_6H_{13}NO_7$
C	34,75 %	—	34,12 %
H	6,57	—	6,16
N	—	6,66 %	6,64

Nous avons cherché à obtenir des dérivés semblables

avec les autres acides organiques de la même série, mais nous ne sommes pas arrivés à des résultats aussi nets.

L'*acide formique* est violemment attaqué, même à froid, par l'acide nitrique, et se décompose entièrement. Il semble aussi peu capable de donner un anhydride mixte qu'un anhydride simple.

L'*acide butyrique normal* paraît bien former une combinaison avec l'acide nitrique, car, en distillant une première fois le mélange, on obtient une fraction principale bouillant à 150-155°. Mais ce produit ne peut pas être purifié par de nouvelles distillations fractionnées, vu qu'il tend de plus en plus à se dissocier sous l'action de la chaleur. En même temps chaque opération laisse un résidu formé de produits d'oxydation.

Pour l'*acide valérianique*, les circonstances sont encore plus défavorables. La combinaison, si elle se forme, ne résiste pas à la distillation et se dédouble entièrement en ses deux constituants.

(*A suivre.*)

NOTE

SUR LE

QUATERNAIRE DU SEELAND

PAR

le Dr B. ÆBERHARDT

de Bienne.

(*Suite et fin*[1].)

Formation des vallées.

Si maintenant on passe à la discussion des faits, voici je crois ce qu'après cette étude, il serait possible d'avancer sur l'histoire quaternaire de la région.

A la fin des temps tertiaires, toute la région étudiée devait former un plateau incliné, se continuant vers le sud jusqu'au pied des Alpes[2]. Ce plateau était-il déjà limité du côté nord par le Jura? Je le crois, puisque la présence de calcaire d'eau douce du miocène (œningien du Locle, de Rainson, de Court, etc.) dans les vallons jurassiens. calcaires que l'on ne trouve pas développé au même degré sur le plateau, prouve que

[1] Voir *Archives*, juillet 1903, t. XVI, p. 71.

[2] Brückner. *Archives*, 1902. Compte rendu des travaux présentés à la 85e session, Genève.

vers la fin de la période tertiaire, la partie de pays correspondant au Jura devait être plus élevée que celle qui se trouvait au sud. On trouve aussi dans le vallon de Tramelan, tout au haut de la série tertiaire, des galets qui sont certainement d'origine fluviale et proviennent exclusivement de couches affleurant dans les environs; le dépôt de ces graviers est antérieur au soulèvement définitif du Jura, car ils reposent en concordance de stratification sur les couches en fond de bateau du fond du vallon. *Cependant le Jura, à cette époque, était sûrement moins élevé que de nos jours.* La preuve s'en trouve dans la rareté des éléments jurassiens dans les alluvions du sommet du Büttenberg à moins d'un kilomètre de la chaîne[1]. *Il est en effet singulier qu'à un endroit où actuellemeat s'écoulent les eaux de la Thièle, de la Reuse, du Seyon, de la Suze, donc d'une grande partie du Jura, on trouve des alluvions formées de 99 %, de matériaux alpins*, si bien qu'on en vient à conclure qu'à l'époque où se déposaient les alluvions du Büttenberg, ces cours d'eau n'existaient pas ou étaient beaucoup moins importants que de nos jours, ou qu'ils s'écoulaient dans d'autres directions par suite d'une topographie différente.

C'est dans ce plateau molassique que des rivières venues des Alpes se sont creusé un chenal jusqu'à la profondeur de 700 m. Ces eaux ont dû passablement divaguer à la surface du plateau primitif, à voir ce qu'il en reste dans la région; effectivement, seul le

[1] On aurait donc ainsi au pied du Jura actuel, et cela de Genève à Aarau, trois régions de dépôts fluviaux ne contenant pas ou presque pas de galets du Jura: ce seraient ceux de La Côte, Büttenberg-Arch et Hasenberg près Aarau.

sommet du Frienisberg doit avoir appartenu au plateau initial.

Sur ces entrefaites se déposent des alluvions, dont celles de Meikirch ne seraient qu'un reste. Il est difficile de dire actuellement si ces alluvions sont glaciaires, c'est-à-dire si elles provenaient d'un glacier ayant son front dans le voisinage, ou si, à cette époque, les glaciers occupaient une position semblable à celle qu'ils occupent dans la période actuelle, tout au haut des vallées, ou même s'ils n'existaient pas.

Peut-être que, plus tard, quand l'exploitation de la sablière de Meikirch sera plus avancée, il sera possible d'établir l'origine des blocs que l'on trouve à la base d'une façon plus catégorique, et alors seulement la question pourra être résolue avec assez de certitude.

Je crois que, sans beaucoup se tromper, on peut considérer les alluvions de Meikirch comme alluvions des plateaux (ältere Deckenschotter).

Survint une nouvelle période érosive des rivières et celle qui coulait dans la vallée de l'Aar se creusa un chenal au travers des alluvions, puis de la molasse, jusqu'à une altitude de 530 m. *C'est sur ce nouveau plateau molassique que se déposent les alluvions dont celles du Büttenberg et d'Arch sont les restes.* Ces alluvions provenant des vallées des Alpes bernoises, il faut admettre :

1° Que l'Aar passait par là à cette époque ; 2° que si ces alluvions sont fluvio-glaciaires, les glaciers qui étaient à leur origine devaient être peu étendus, puisque celui du Rhône ne sortait pas du Valais[1] ; 3° que

[1] Ces alluvions ayant précédé immédiatement l'avant-dernière grande extension des glaciers, sont du même âge que celles de

les lacs de Brienz et de Thoune n'existaient pas ou avaient été comblés, puisque l'Aar amenait des cailloux des Alpes bernoises jusque dans la région de Bienne; 4° que le Jura n'était pas soulevé comme il l'est actuellement ou que les conditions hydrographiques étaient autres, puisque ces alluvions sont très pauvres en galets du Jura.

Ces alluvions ayant précédé le dépôt de la moraine de fond de l'avant-dernière glaciation de Lyss, on ne peut les synchroniser avec les hautes terrasses (*Hochterrassenschotter*) de la région des moraines externes, d'autant moins qu'elles en sont séparées par toute la période érosive qui a suivi leur dépôt. Elles correspondraient donc, pour l'âge, aux jeunes alluvions des plateaux (*Jüngere Deckenschotter*)[1]. En outre elles n'ont pas, comme on pourrait le croire, précédé immédiatement l'arrivée du glacier de l'avant-dernière période, puisqu'elles ne sont pas de même nature que les matériaux de la moraine de fond mésoglaciaire de Lyss. La position des alluvions du Büttenberg et d'Arch, en avant du Frienisberg, prouve que toute la région au pied du Jura dans les environs de Bienne était déjà parcourue par l'Aar, qui devait s'être creusé là une vallée à l'altitude de 530 m. environ, buttant contre le Jura[2] et dominée par les collines du Bucheggberg et du Frienisberg de 50-250 m.

La Côte, donc, le glacier du Rhône n'atteignait pas Nyon à cette époque.

[1] Elles sont pour moi synchroniques des alluvions du Hasemberg, près Aarau, que M. Mühlberg rattache aux hautes terrasses *Eclogæ*, vol. VII, n° 3, p. 173.

[2] On ne peut en dire autant de celles qui ont précédé, les dépôts faisant défaut.

Survint une troisième période érosive des cours d'eau de la région, qui égala presque en durée la précédente, à en juger par la tranchée opérée dans la molasse ; en effet, après avoir traversé 15 m. d'alluvions, les rivières surent encore se creuser un chenal jusqu'à une altitude de 460 m. On retrouve ce fond de vallée[1] de Morat à Arch, de sorte qu'à cette époque les vallées étaient à peu près ce qu'elles sont aujourd'hui, avec cette différence qu'elles étaient un peu moins profondes. *Ce seuil se retrouvant dans la vallée du lac de Bienne et étant surmonté par des alluvions en grande partie jurassiennes, on peut en conclure que la Thièle était créée définitivement et le Jura soulevé.*

Le glacier de l'avant-dernière période glaciaire arriva, sur ces entrefaites déposer sa moraine de fond sur toute la région et en adoucir le relief. Cette moraine de fond est surtout bien visible à Lyss.

Après le retrait du glacier arrive une nouvelle période d'alluvionnement des vallées de la Thièle, de la Broie et de la Sarine, qui créent la terrasse bien visible de Fräschels à Studen dans la vallée actuelle Broye-Aar, ainsi que celle de Sutz dans la vallée de la Thièle. Ces alluvions sont certainement plus jeunes que la mo-

[1] On ne saurait parler, pour le seuil de 460 m. pas plus que pour celui de 530 m., de terrasses de dénudation conformes aux couches de la molasse, comme M. Brückner croit pouvoir le faire pour les terrasses des bords du lac de Zurich, traitées par M. Æppli. Effectivement, l'un comme l'autre se poursuivent, tantôt sur les têtes de couches inclinées de la molasse d'eau douce inférieure, marneuse (Sutz, Lyss) ou gréseuse (Studen, Safneren, Arch. Büttenberg), tantôt sur des strates horizontales. Les inégalités que l'on remarque dans le seuil de 460 m., ont probablement pour cause l'érosion glaciaire qui a suivi.

raine de fond mésoglaciaire sur laquelle elles reposent. Mais comme entre leur dépôt et l'arrivée du dernier glacier se place une période érosive relativement longue, il est plus naturel de les relier à la période mésoglaciaire et d'en faire des alluvions des hautes terrasses (*Hochterrassenschotter*).

Puis survint une nouvelle et dernière periode érosive des rivières, la 4[me], et ces dernières, après avoir traversé les alluvions, creusèrent la molasse jusqu'à une profondeur que je ne puis apprécier car le fond de ces vallées est recouvert par les alluvions récentes ou des masses tourbeuses qui ne permettent pas d'apercevoir le seuil molassique sur lequel elles reposent.

Une dernière fois le glacier vint recouvrir de sa moraine de fond tout le pays, *puis les alluvions fluvioglaciaires du retrait suivies des alluvions fluviales de la période actuelle remplirent à nouveau les vallées jusqu'à la hauteur où nous les rencontrons*. Le dépôt de ces alluvions ayant suivi immédiatement le retrait du glacier, je crois qu'on peut leur appliquer le terme d'alluvions des basses terrasses (*Niederterrassenschotter*).

Ce qui vient d'être dit s'applique plus spécialement aux vallées de la Thièle et Broye-Aar.

Au sud du Bucheggberg se trouve la vallée du Limpach, qui, entre *Schünenberg* (493 m.) et *Kralligen* (465 m.), forme dans la molasse une entaille de 15 kilom. de longueur sur 160 m. environ de profondeur et 1,5 kilom. de largeur, et dont le travail de creusement ne peut guère être attribué au mince filet d'eau qui suit actuellement son fond. Les rares sablières ouvertes sur le flanc sud de la vallée, beaucoup moins

abrupt que le flanc nord, laissent voir, comme c'est le cas à *Eichholz*, la moraine de fond avec rares galets valaisans et jurassiens, mais nulle part les puissantes alluvions de la vallée de l'Aar. On peut donc admettre, sans crainte de se tromper beaucoup, que la vallée creusée dans la molasse ne présente qu'un simple colmatage de moraine de fond. Comme il est impossible de la lier par la pensée avec la vallée de *Schüpfen*[1], plus élevée de 50 m. et ayant une orientation toute différente, *je crois qu'il est plus plausible de la considérer comme un ancien chenal de la Sarine,* à l'époque où ce cours d'eau n'avait pas encore coupé l'anticlinal molassique dont le Jensberg et la colline de Büren forment le flanc nord. Le fait est d'autant plus probable qu'aux environs d'*Ottiswyl*, à une altitude de 510 m., on ne voit plus pointer la molasse et, qu'au contraire, on rencontre par-ci par-là, aux environs de ce village, des sablières qui malheusement ne vont pas jusqu'à la molasse, mais laissent voir de grands matériaux valaisans (moraine de fond) et de plus petits, identiques à ceux des environs de Lyss.

Je suppose que la Sarine, augmentée de la Broye à l'époque où elle coulait sur le seuil de 460 mètres, n'avait pas encore percé l'anticlinal molassique de la région et s'en allait par la vallée du Limpach rejoindre l'Aar qui, à cette époque coulait par la dépression de l'Urtenen. Plus tard, le glacier de la période mésoglaciaire vint déposer sa moraine de fond sur la vallée et probablement changer le cours de la Sarine. Celle-ci,

[1] L. Rutimeyer, dans son ouvrage: Ueber Thal und Seebildung, p. 71, en fait un ancien chenal de l'Aar.

d'ailleurs, avant de couler dans la direction Büsswyl-Büren, a dû passer par *Diesbach-Oberwyl* au sud de la colline de Büren.

La vallée de *Schüpfen*, beaucoup trop importante pour qu'on puisse admettre qu'elle soit due au travail érosif du Lyssbach et de l'Urtenen, a aussi donné lieu à discussion. Rütimeyer y faisait couler l'Aar, et, après avoir examiné la contrée, je pencherais volontiers pour cette hypothèse. On trouve dans la région de Münchenbuchsee, non loin des deux hameaux de *Diesswyl* et *Wiggiswyl*, sous la moraine, des matériaux que je serais assez porté à considérer comme le prolongement vers le sud des alluvions du Büttenberg; comme elles, ils proviennent des Alpes bernoises. Il est vrai que les matériaux sont plus grossiers et assez mal lités. Comme ils se trouvent à 20-25 m. plus haut que les dépôt d'Arch, il serait assez logique d'admettre qu'à cette époque l'Aar coulait dans la direction Berne-Bienne, par Schüpfen. Plus tard elle se creusa un lit plus profond et, traversant les alluvions puis la molasse, creusa la vallée de Schüpfen telle qu'elle existe actuellement. Le glacier, en exagérant son travail érosif en certains endroits, a dû donner naissance aux lacs qui remplissent encore ou ont rempli la vallée.

Âge du creusement des vallées de la région.

Quantité de géologues[1] qui se sont occupés de la formation des vallées du pied des Alpes, ont cru devoir

[1] Heim. Alpine Randseen, p. 75 et suiv. dans *Vierteljahrschrift der natur forschende gesellschaft in Zürich, 1894.*

Æppli, Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. XXXIV Lieferung.

F.-A. Forel. Le Léman. vol. I. Théorie du Léman.

placer leur creusement immédiatement après le dépôt des alluvions des plateaux (*Deckenshotter*). Or, en me basant sur les faits observés dans la région du Seeland, je ne crois pas qu'il soit possible d'admettre cette théorie pour les vallées de la région. En effet, le dépôt si caractéristique du sommet du Büttenberg se trouve à 555 m. d'altitude, soit à 120 m[1]. au-dessus du niveau de la vallée actuelle et, si l'on compte une moyenne de 20 m. de profondeur pour les alluvions récentes, *à 140 m. au-dessus du seuil molassique des vallées de la Thièle et de l'Aar*. On peut admettre pour le dépôt de ces matériaux au sommet de la colline, une époque postérieure à celle de l'érosion de la vallée, mais alors un seul agent aura été capable de porter à 140 m. au-dessus du fond de la vallée des matériaux de cette nature : c'est le glacier. Or le glacier qui a passé par la région est le glacier du Rhône, tandis que les matériaux en question proviennent des Alpes bernoises et je ne sache pas que jamais le glacier de l'Aar ait atteint le Jura. D'ailleurs le dépôt n'a nullement les caractères d'un dépôt morainique. Il ne peut pas non plus être question d'alluvions échappées des bords du glacier, ni de galets déposés dans un lac de barrage glaciaire, toujours pour la même raison. *Cette formation ne peut donc correspondre qu'à des alluvions de l'Aar, et dès lors l'érosion qui a créé la colline leur est postérieure.*

Les mêmes arguments peuvent être formulés à l'égard des alluvions de la colline *Müntschemier-Treiten-Finsterhennen-Siselen-Walperswyl-Bühl*, et l'érosion qui a créé cette ligne de hauteurs est aussi posté-

[1] Altitude de la vallée actuelle de l'Aar dans la région : 435 m.

rieure au dépôt des alluvions. Les vallées de la région n'auraient donc pas été creusées jusqu'au seuil molassique actuel (seuil caché sous les alluvions modernes) à la suite du dépôt des alluvions des plateaux, et cela dans une seule période, *mais elles auraient été créées à la suite d'érosions successives suivies constamment par une phase d'alluvionnement des rivières*. L'érosion de la molasse aura probablement commencé dès l'émersion de la région, c'est-à-dire dès le commencement des temps pliocènes.

Pour terminer, je ferai remarquer que la région étudiée se prête mieux que toute autre à une étude de la question, par le fait qu'elle appartient à la fois aux bassins fluviaux de l'Aar, de la Sarine, de la Thièle, et au bassin glaciaire du Rhône, tous bassins aux roches bien caractéristiques.

Déplacements de cours d'eau

L'arrivée du glacier dans la région, laissant, à la suite de son retrait, sa moraine de fond, a dû bien souvent modifier le système hydrographique du pays, et ce que le glacier de l'avant-dernière période a fait pour la vallée du Limpach, le glacier de la dernière période a dû le faire dans une aussi large mesure. Ainsi la Broye et la petite Glane, avant cet événement géologique, ne se rencontraient pas comme actuellement en aval du lac de Morat, mais couraient parallèlement jusqu'en aval de Bühl, près Lyss, séparées qu'elles étaient par la colline *Finsterhennen-Siselen-Walperswyl-Bühl*.

La Thièle, au lieu de suivre le synclinal molassique

par Nidau, Brügg, Orpond, comme c'était le cas avant sa correction, coulait au pied du Jura jusqu'à Longeau, pour rejoindre l'Aar à l'extrémité orientale de la colline de Büttenberg.

La Menthoue, au lieu de se jeter à la Thièle à l'extrémité supérieure du lac de Neuchâtel comme actuellement, arrivait à la Thièle à l'angle est de l'île de St-Pierre.

Age et origine des lacs de Neuchatel, de Bienne, et de Morat.

Je crois pouvoir affirmer sans crainte de me tromper beaucoup, que la création de ces lacs tels qu'ils existent actuellement, *est postérieure à l'érosion qui a précédé la dernière période glaciaire.*

En effet, comme je l'ai fait remarquer précédemment, s'il en était autrement, il serait impossible d'expliquer l'existence d'alluvions fluviales immédiatement en aval de ceux de Morat et de Bienne, comme elles existent à Sutz dans la vallée de la Thièle, et à Avenche, Morat, Fräschels, Walperswyl, etc., dans la vallée de la Broye. Je le répète, les alluvions auraient dû combler ces lacs s'ils avaient existé avant de pouvoir se déposer où elles se trouvent. On ne pourrait d'ailleurs admettre ici, comme on l'a fait pour celles de La Côte au bord du Leman, qu'elles ont été déposées par un torrent découlant du glacier, qui remplissait la dépression des lacs et se serait arrêté dans la région, quitte à reprendre ensuite sa marche en avant et à les recouvrir de sa moraine de fond ; *en effet, les alluvions de Fräschels sont d'origine fluviale et ne rappellent nulle-*

ment par leurs matériaux les alluvions fluvio-glaciaires du Rhône. D'ailleurs l'érosion subie par ces alluvions avant le dépôt de la moraine de fond qui les recouvre parle contre cette hypothèse. Aussi je crois pouvoir affirmer que les trois lacs de Bienne, Morat et Neuchâtel n'existent tels que nos cartes les donnent actuellement, que depuis le retrait du dernier grand glacier.

Qu'il ait existé des lacs auparavant dans la région, je le crois sans peine, et j'en cite pour exemple les dépôts des sablières de Madretsch, près Bienne, qui sont sûrement d'origine lacustre mais dont les matériaux ont été déposés dans un petit lac antérieur à la dernière extension des glaciers, comme le prouvent l'érosion qui les a entamés et la moraine qui les recouvre. *L'ancien lac de Soleure d'Alphonse Favre date probablement de la même époque*, puisque les têtes de couches de ses strates inclinées se trouvent à l'altitude de m. 453,5 alors que celle des sablières de Madretsch se trouvent à 450 m. Le delta de l'Areuse près Boudry appartient probablement à la même période, car, comme les dépôts de Soleure et Madretsch, il est recouvert par la moraine de fond de la dernière période. Je crois donc que l'on peut admettre avec assez de certitude que *chaque période glaciaire a provoqué la formation d'un certain nombre de lacs qui ont été ensuite comblés durant la phase d'alluvionnement des rivières, qui a suivi*[1]. Ces lacs n'occupaient pas nécessairement la même position géographique dans la vallée et

[1] Les lacs actuels se trouveraient maintenant dans la phase de remplissage.

n'avaient pas la même étendue ni le même niveau que les lacs actuels.

Quant à l'origine des lacs en question, voici ce que j'en puis dire. Dès que le Jura fut suffisamment soulevé, c'est-à-dire probablement à la suite du dépôt de la terrasse, Büttenberg-Arch, la Thièle, la Menthoue, la petite Glane et la Broye creusèrent leurs vallées parallèlement dans la molasse du pied de cette chaîne. Elles créèrent ainsi le double cadre dans lequel allaient se créer les lacs de Neuchâtel et Bienne ainsi que celui de Morat. Cependant, ce n'est qu'après le dépôt des alluvions de la terrasse de 460 m. (*Hochterrassenshotter*) que les rivières se mirent à creuser les quatre vallées où devaient reposer les lacs en question; puis arriva le glacier qui probablement ajouta son action érosive à celle de la rivière. M. F.-A. Forel a dernièrement attribué l'origine des lacs au cône d'alluvions d'une rivière venant se jeter obliquement dans la vallée et faire ainsi refluer l'eau du cours principal pour créer en amont un lac. Il cite en particulier l'Arve, qui aurait coupé la vallée du Rhône et aurait créé le Léman et l'Aar, qui aurait coupé les vallées de la Broye et de la Thièle, pour créer les lacs de Morat, Bienne et Neuchâtel. Mais il est évident que d'autres causes sont intervenues dans la formation des bassins lacustres, puisque tandis que le fond du Léman s'abaisse jusqu'au niveau de 65 m., la molasse affleure dans le lit du Rhône, à La Plaine, en aval de Genève, à 345 m., et que le seuil de la gorge de Bellegarde se trouve à environ 320 m. L'hypothèse de l'affaissement du massif alpin qui permet d'expliquer la différence d'altitude entre le fond et le seuil des lacs subalpins, ne s'applique pas

directement aux lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat.

Le lac de Neuchâtel, avec une profondeur de 150 mètres et un niveau de 432 m., a son fond à 282 m., tandis que la trouée de l'Aar près de Turgi est à 330 mètres, 27 mètres plus bas que le fond du lac de Bienne. Pour expliquer ces caractères topographiques, il faut admettre ou bien une érosion sous glaciaire ayant approfondi les vallées, ou bien un exhaussement du seuil de l'Aar près de Turgi, ou bien un affaissement des bassins des lacs.

C'est à cette dernière hypothèse que se rattache M. Schardt[1] qui admet un affaissement de la région par suite de la création des Préalpes du Chablais. Mais outre que plusieurs géologues alpins tendent à faire prévaloir la théorie du charriage pour tout le pied nord des Alpes centrales, *je n'ai remarqué nulle part d'affaissement dans la région des lacs, et les alluvions de la vallée de la Broye, antérieures à la formation des lacs actuels, suivent partout la pente de la vallée*[2]. D'ailleurs, l'hypothèse de M. Schardt place cet affaissement pendant la période mésoglaciaire, alors que, comme je l'ai déjà dit, les lacs n'ont dû se former qu'après l'extension du dernier glacier, donc, au commencement de la période actuelle. Je crois qu'il faut plutôt, pour expliquer la genèse des lacs du pied du Jura, admettre les trois facteurs principaux suivants : 1° *Erosion fluviale qui crée la fissure primordiale où*

[1] Schardt, Note préliminaire sur l'origine des lacs du pied du Jura suisse (*Eclogæ*, vol. V, n° 4, p. 258).

[2] On retrouve les alluvions en question dans les sablières de Morat, Faoug, Avenche.

plus tard reposeront les lacs ; 2° *Erosion glaciaire qui approfondit certains endroits de la vallée ;* 3° *mouvements de terrains dans le voisinage des bassins lacustres* en question, soit négatifs pour la région du bassin même ou la région d'amont, soit positifs en aval du bassin. L'époque du soulèvement définitif du Jura pouvant être fixée entre le dépôt des jeunes alluvions des plateaux de La Côte (Vaud), Büttenberg et Arch (Seeland), Hasenberg (près Aarau) et la période actuelle, on peut parfaitement admettre pour les lacs de Bienne, Neuchâtel et Morat, comme pour le Léman, une origine en relation avec ce phénomène tectonique. *Ce serait, dans le cas particulier, le soulèvement définitif du Jura, exhaussant le seuil de Turgi ainsi que les seuils jurassiques situés plus en amont dans la vallée actuelle de l'Aar.* 4° Les cônes d'alluvions de l'Arve pour le lac Léman, de l'Aar pour ceux de Neuchâtel, Bienne et Morat, peuvent avoir aussi joué un rôle, mais un rôle plutôt secondaire pour le Léman, un peu plus important pour celui de Morat.

Du Rhone rhénan

Rütimeyer [1] et après lui M. Lugeon [2], ont parlé d'un Rhône rhénan. Rütimeyer, sans spécifier de date, le fait arriver au Rhin par la vallée actuelle de la *Venoge, la cluse d'Entreroche, le lac de Neuchâtel,* tandis que M. Lugeon, à l'époque pliocène, le fait s'écouler par la vallée morte d'*Attalens* sur Vevey (altitude 730 m.),

[1] L. Rütimeyer, Ueber Thal und Seebildung, .p 54.

[2] M. Lugeon, Extrait des *Archives des Sciences physiques et naturelles,* quatrième période, t. III, février 1897.

et l'emplacement de la *vallée de la Broye*, alors que le lac de Morat n'existait pas, donc à une période où la vallée était moins profonde que de nos jours. Or, je ferai observer que pas plus à Meikirch (680 m.) qu'au sommet du Büttenberg ou à Arch (530 m.), dans la vallée actuelle de la Broye que dans celle de la Thièle, dans les alluvions gîtées par 460-440 m., on ne rencontre de roches permettant cette supposition. L'hypothèse de Rütimeyer tombe donc presque nécessairement; si le Rhône a jamais coulé par la vallée actuelle des lacs de Neuchâtel-Bienne, il n'a pu le faire que pendant une période d'érosion, puisque les alluvions de la région de Bienne ne contiennent point de roches du Valais, ou en contiennent si peu que toute idée d'y voir un travail du Rhône doit être écartée.

L'hypothèse de M. Lugeon, faisant remonter le phénomène en question à une époque plus reculée, a pour elle plus de probabilité, le cours d'une rivière étant nécessairement plus difficile à établir au fur et à mesure que l'on recule dans le temps; elle a cependant contre elle, comme celle de Rütimeyer, tous les dépôt d'alluvions à moi connus de la région du Seeland.

Bienne, avril 1903.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 20 février 1903.

Dr J. Jacot-Guillarmod. Résultats scientifiques de son expédition dans l'Himalaya et le Karakorum.

M. le Dr J. Jacot-Guillarmod communique quelques résultats scientifiques qu'il a rapportés de son expédition de l'année dernière au massif du K^2 (Dapsang, mont Godwing Austen Chogori). Cette expédition a passé 67 jours sur le glacier de Baltoro et a atteint l'altitude de 6800 m. Le voyage ayant un but sportif, le côté scientifique a dû passer à l'arrière-plan, néanmoins les alpinistes ont pu observer nombre de faits intéressants.

Les expériences des aréonautes tendraient à faire croire que l'homme ne peut pas atteindre impunément des altitudes de 8 à 9000 m. La diminution rapide de la pression atmosphérique amène des désordres graves; dans une ascension à pied, par contre, on ne s'élève que lentement, ce qui permet à l'organisme de s'adapter plus facilement. Les voyageurs ont pu donc supporter sans grands inconvénients une altitude de près de 7000 m. Il s'en est suivi une diminution de la quantité d'hémoglobine du sang, qui est tombée à 80 % de la norme. Le mal de montagne s'est fait sentir moins fortement à 7000 m. qu'à 5000 ; le vent toujours plus fort compense jusqu'à un certain point la diminution de pression.

Les écarts de température sur le glacier étaient énormes: le thermomètre a varié de + 40° au soleil pendant le jour à – 20° pendant la nuit.

L'air dans l'Himalaya est excessivement sec. Dans le Baltistan, les poteaux télégraphiques ne sont pas munis d'isolateurs. Dans la haute montagne on pouvait voir de la neige tombant des hauteurs se vaporiser entièrement avant de toucher le sol. L'électricité atmosphérique n'existe pour ainsi dire pas ; point d'orages ni de grêle, il n'existe pas de mot thibétain pour désigner le tonnerre ou les éclairs, mais par contre un vent excessivement violent. Les voyageurs ont été témoins d'un phénomène météorologique très curieux : des stries de pluie et des stries d'air pur verticalement superposées. Ce phénomène peut s'expliquer par un courant d'air dont les couches auraient différentes températures. L'air est excessivement pur, et la lumière zodiacale particulièrement intense.

La flore des moraines est assez riche; à 5200 m. il a encore été cueilli 10 espèces de phanérogames, dont une espèce nouvelle. La faune de ces contrées est riche : ours bruns, ours noirs à collier, léopards des neiges, bouquetins (ibex), etc. Les espèces d'aigles sont nombreuses. Il a été observé des oiseaux à une altitude de 6500 m.

L'Himalaya est formé surtout de roches éruptives : peu de calcaire. On a rencontré des torrents de boue, et des lacs temporaires, dont l'un de 180 km. de longueur. Les glaciers sont tous en crue. Le grain du glacier atteint une grosseur de 12-18 cm. On a observé sur le glacier des séries de blocs de glace de 20 à 30 m. de hauteur en forme de pains de sucre. Les blocs erratiques se rencontrent jusqu'à 100 km. du glacier.

En résumé le conférencier ne doute pas que l'homme puisse atteindre sans désordres graves des altitudes de 8 à 9000 m. Toutefois, l'anémie à augmentation rapide qui se produit à ces hauteurs par suite du séjour prolongé au froid et du régime débilitant des conserves montre qu'il y a erreur à vouloir s'y acclimater. Il faut au contraire monter rapidement pour éviter une trop grande déperdition de

forces. Le régime des conserves ne paraît pas être suffisamment nutritif pour une expédition de ce genre. L'usage de l'alcool ne devrait pas être prohibé à ceux qui en ont l'habitude, car sa suppression a causé des insomnies aux membres de l'expédition.

Séance du 6 mars.

F. Conne et Dr G. Sandoz. Un cas d'infection d'eau d'alimentation par un paracolibacille. — H. Schardt. Coupe du terrain œningien du Locle. — R. Weber. Sur la prononciation du nom de Ruhmkorff.

MM. Conne, chimiste cantonal et le Dr Sandoz, communiquent leurs observations sur une épidémie observée dans une commune située au bord du lac de Neuchâtel et sur les mesures prises pour la supprimer. Considérée comme une épidémie de typhoïde, elle semble avoir eu pour cause la contamination de l'eau d'alimentation par un paracolibacille.

Au milieu de septembre dernier, deux séries d'échantillons d'eau provenant de divers points de la conduite étaient envoyés au laboratoire cantonal, qui les déclarait contaminés; ceux du second envoi, en particulier, sentaient à plein nez le purin ; quelques cas, considérés comme de la fièvre typhoïde légère, ayant éclaté, étaient attribués à l'infection de la conduite.

Une analyse bactériologique s'imposait. Les premiers échantillons furent prélevés le 26 septembre, en même temps que le parcours de la conduite était minutieusement étudié.

Cette conduite a la forme d'une boucle allongée, dont chaque extrémité dessert une agglomération d'habitations. Jusqu'en 1901, elle était alimentée exclusivement par un certain nombre de sources captées assez superficiellement dans la montagne, et concentrées dans un réservoir situé à 110 m. environ au-dessus du niveau du lac. La sécheresse de l'automne de 1900 ayant diminué leur débit de telle sorte qu'il y avait à craindre disette à l'avenir, une

source, située sur la grève du lac, au pied des falaises sur lesquelles s'élève la plus grande de ces agglomérations, et dans le voisinage presque immédiat du débouché des égoûts, fut à son tour captée et envoyée par pompage directement dans la partie inférieure de la canalisation. La composition chimique de l'eau de cette source avait toujours été irréprochable, mais il n'en avait jamais été fait d'analyses bactériologiques.

Or, l'analyse bactériologique démontre la présence d'un colibacille particulier dans le sas de pompage de cette source, tandis que la partie du réseau qui avait contenu du purin en était indemne ; d'ailleurs elle avait été presque complètement purgée pendant la période (10 jours) qui s'était écoulée entre l'infiltration et le prélèvement des échantilons. Le point d'infiltration était un raccordement de borne d'hydrante non étanche, plongeant dans le purin collecté par la tranchée dans laquelle est posée la conduite ; celle-ci, lorsque le réservoir était vide, n'était plus sous pression et aspirait le contenu de la tranchée.

La borne fut déplacée et le raccordement réparé.

Le 6 novembre, de nouveaux cas d'infection ayant les caractères du typhus abdominal s'étant déclarés, les recherches bactériologiques furent répétées et le même colibacille se retrouva au point de jonction des eaux de la grève et de la montagne ; le 22 novembre, il était arrivé jusqu'au réservoir.

L'épidémie était donc causée par l'eau de la grève (il est peu probable que le purin y ait participé autrement que comme élément nutritif du microbe pathogène). Il s'agissait d'y couper court, ce qui fut fait comme suit :

1° Le réservoir fut, après curage, copieusement et complètement badigeonné au lait de chaux, avec lequel il resta en contact pendant 24 heures, puis son contenu fut lancé dans le réseau vide, où il séjourna le même laps de temps.

2° La source de la grève fut complètement abandonnée ; son remplacement par l'eau du lac est actuellement à l'étude.

Les analyses de contrôle faites le 21 janvier 1903 (5 se-

maines après la désinfection) et plus tard le 18 mars ne constatent nulle part dans le réseau la présence du colibacille; aucun cas nouveau d'infection ne s'est produit. Tout prouve donc que la désinfection a été complète et efficace; elle n'a causé aucun dérangement chez les abonnés, dont quelques-uns, grands consommateurs de l'eau de la conduite, ne s'en sont pas même aperçus.

La source de la grève ayant été utilisée uniquement comme renfort, n'était pompée que par intermittence. Il était intéressant de comparer la date des périodes de pompage et celle des apparitions de typhus. Les documents fournis pour cette statistique ne sont malheureusement qu'approximatifs; il serait imprudent d'en tirer des déductions avec certitude. Cependant, il paraît exister un certain parallélisme entre ces deux séries de données.

Aucun cas n'a été mortel; quelques-uns, assez graves, paraissent présenter une certaine analogie avec ceux observés à Jassy par MM. Sion et Negel (*Centralblatt für Bacteriologie*, 1902, p. 481.)

M. H. Schardt présente une coupe détaillée de la partie supérieure du *terrain œningien du Locle*. Cette coupe suit la fouille pratiquée en 1899 sur le coteau de l'Envers pour la pose de la conduite ascendante au réservoir de distribution d'eau. Elle a mis à découvert toutes les couches, dès le massif de calcaire d'eau douce (pierre morte) sous lequel a été captée une quantité d'eau assez notable, jusqu'au sommet du plateau. La tranchée profonde de 2 m. mettait admirablement à découvert la tête des couches. M. Paul Dubois, alors étudiant à l'Académie, a bien voulu se charger de procéder à un relevé détaillé de cette coupe à l'échelle de 1 : 100 et de récolter des échantillons couche par couche. Il a également dessiné la minute à l'échelle des relevé et une réduction au 1 : 1000.

La coupe mise à découvert par ces travaux comprend plus de 80 lits différents dont quelques-uns sont remplis de fossiles. Ce qui frappe surtout dans la série supérieure et forme contraste avec la série œningienne inférieure,

ce sont les nombreux bancs charbonneux qui interrompent les marnes et calcaires limnaux. La profondeur du bassin paraît avoir diminué graduellement en passant alternativement par l'état de lac peu profond et de marais tourbeux.

M. Schardt indique à cette occasion la liste complète des mollusques constatés dans l'œningien du Locle et qui font partie de la collection Jaccard à l'Académie.

R. Weber. *Sur la prononciation du nom de Ruhmkorff.* V. *Arch.* 1902, XIV, 373.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 mars 1903.

Dr P. Dutoit. Poids moléculaires. — Dr Machon. Opium et phagocytose. — H. Dufour et C. Bührer. Observations actinométriques. — Dr H. Dufour. Insolation en Suisse. — Dr H. Fæs. Pluie de chenilles. — Dr Machon. Tempête de terre.

M. le Dr P. Dutoit parle des *poids moléculaires à l'état liquide.*

M. le Dr Machon étudie l'influence de *l'opium sur la phagocytose dans les maladies infectieuses.*

A la suite d'une longue et intéressante discussion qui a rempli presque exclusivement deux des dernières séances de la Société vaudoise de médecine, sur le traitement de l'appendicite et la nécessité d'administrer ou non de l'opium dans la période aiguë de la maladie, M. Machon se pose la question : Si ce médicament, même en quantité relativement négligeable, n'est pas sans exercer une action défavorable sur le cours des maladies infectieuses et de l'appendicite en particulier.

En se basant sur une série d'expériences, toutes plus ingénieuses les unes que les autres, faites il y a quelques années par M. Cantacuzène dans le laboratoire de M. Metchnikoff à l'Institut Pasteur, on pourrait supposer en effet que les préparations opiacées en retardant la diapédèse des leucocytes et en diminuant leur activité vitale, diminueraient de cette façon la résistance de l'individu.

Ce qui tend à prouver cette manière de voir, ce sont les nombreuses observations faites par M. Machon dans d'autres maladies infectieuses intéressant également le tube intestinal : fièvre typhoïde, choléra et dyssenterie. Il serait donc très intéressant et très utile surtout, d'étudier expérimentalement l'influence des divers médicaments sur les phénomènes de la phagocytose.

MM. Henri Dufour et C. Buhrer. *Observations actinométriques.*

Les observations ont été faites en 1902, à Clarens et Lausanne comme les années précédentes, c'est-à-dire au moyen des mêmes actinomètres de Crova et entre 11 h. 30 et 1 h. Les résultats expriment en calorigrammes-centimètre-carré-minute l'intensité de l'insolation; les nombres du tableau indiquent la moyenne des observations du mois :

Janvier	0.76	Juillet	0.88
Février	0.86	Août	0.87
Mars	0.89	Septembre	0.83
Avril	*0.90*	Octobre	0.84
Mai	0.81	Novembre	0.85
Juin	0.89	Décembre	*0.64*

La moyenne de l'année est 0.85; les valeurs les plus élevées de l'insolation ont été 1.02 le 7 mars et 1.01 le 5 avril; comme les autres années, on constate un maximum au printemps, en avril 1902, suivi d'une dépression sensible en mai; le second maximum, ordinairement constaté en août ou en octobre, n'a pas été net cette année, c'est juin qui est le mois le plus clair.

Un fait nouveau et qui mérite d'être signalé, est la diminution très sensible de l'intensité du rayonnement solaire depuis décembre 1902 et pendant les premiers mois de 1903. Le phénomène a été observé à Lausanne et à Clarens et il ressort nettement du tableau suivant qui donne pour les mois d'hiver l'insolation moyenne depuis 1897, année du début des observations, jusqu'au 15 mars 1903.

Insolation d'hiver

Mois	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903
Octobre	0.89	0.82	0.83	0.89	0.88	—	0.84	—
Nov^e^.	0.88	0.78	0.76	0.83	0.82	—	0.85	—
Déc^e^.	0.80	0.79	0.82	—	0.72	0.75	*0.64*	—
Janvier	—	0.82	0.74	0.79	0.79	0.84	0.76	*0.68*
Février	—	0.88	0.87	0.87	0.82	0.84	0.86	*0.71*
Mars	—	0.92	0.87	0.89	0.90	0.94	0.86	*0.74*

On voit que les mois de *décembre* 1902, *janvier*, *février* et la première moitié de *mars* 1903 ont une insolation très inférieure à celle que l'on observe ordinairement dans la seconde moitié de l'hiver. Ce fait doit être attribué probablement à un accroissement de l'absorption atmosphérique. Faut-il chercher cette augmentation de l'opacité de l'air dans la présence de poussières projetées dans l'atmosphère par les éruptions des volcans des Petites Antilles et, entre autres, de la Montagne Pelée, à la Martinique; l'idée en vient naturellement à l'esprit, comme on a cherché déjà dans la présence de ces poussières, l'explication des lueurs crépusculaires de l'hiver qui se termine. Cette hypothèse peut être faite, elle sera confirmée si le phénomène de l'accroissement de l'absorption atmosphérique a été constaté dans d'autres stations et si d'autres phénomènes optiques, tels que la diminution de la visibilité des astres, indiquent aussi une opacité anormale. Jusqu'ici le phénomène caractéristique de la présence des poussières dans l'atmosphère, le « cercle de Bishop », n'a pas été observé. En revanche, on constate une diminution de l'intensité de la polarisation de la lumière bleue du ciel dans le plan du soleil et à quatre-vingt-dix degrés de cet astre, ce qui indique une diminution de la transparence du milieu.

M. Henri Dufour. *L'insolation en Suisse.*

L'enregistrement du nombre des heures de soleil se fait en Suisse depuis 1884, date de l'introduction dans quelques stations de l'héliographe de Campbell et Stokes. Les

résultats des observations sont intégralement publiés dans les *Annales météorologiques suisses* par les soins du Bureau central à Zurich. Le nombre des années étant, pour certaines stations assez grand, il valait la peine de résumer et d'établir les moyennes de l'insolation pour quelques types de régions bien définies et caractéristiques. C'est le résultat de ce travail fait pour dix années que M. Dufour présente à la Société sous forme de tableaux graphiques prépréparés pour l'enseignement.

On a choisi sept stations principales possédant toutes des séries complètes d'observations de 1891 à 1900. Ces stations se groupent en villes de plateau traversées par un fleuve : Berne et Bâle; villes riveraines d'un lac : Lausanne et Zurich; station du sud des Alpes : Lugano; station de haute vallée alpine : Davos; sommet : le Säntis à 2500 m.

Les résultats généraux sont les suivants: L'insolation retative, c'est-à-dire le *pour cent* du possible, est de 43 % à *Bâle* et de 42 % à *Berne*; l'insolation maximum possible serait celle qui résulterait d'une année dont tous les jours seraient clairs; le maximum a lieu en août et le minimum en novembre à Bâle et en décembre à Berne. L'insolation croît rapidement de janvier en avril et présente une diminution sensible en mai.

Les villes de *Zurich* et de *Lausanne* ont une courbe semblable à celle de Berne et de Bâle, le minimum est en janvier à Zurich et en décembre à Lausanne; le maximum est en août dans ces deux villes, la moyenne annuelle est de 43 % à Zurich et de 47 % à Lausanne.

A *Lugano*, le régime est un peu différent; il y a deux maxima, le premier en juillet, 69 %, le second en février, 60 %, et deux minima, en mai, 51 % et en novembre, 42 %, la moyenne de l'année est de 59 %.

A *Davos*, il y a également deux maxima, le premier en août, 60 %, le second en février, 55 %, et deux minima, en mai, 47 % et en janvier 49 %; l'insolation moyenne est de 54 %.

Enfin, au *Säntis*, on trouve un maximum en novembre

51 % et un minimum en juin 35 %, l'insolation moyenne est de 42 % à peine ; cette faible insolation s'explique par le fait qu'à la montagne on a une insolation d'*hiver* ; l'été est sombre à cause de l'élévation des nuages et des brouillards.

Un mémoire détaillé résumera plus complètement les résultats acquis qui fixent le caractère du climat solaire de la Suisse.

Une correspondance de La Sagne (Neuchâtel) relatant une *pluie de chenilles* qui aurait eu lieu le 2 mars dans cette localité, M. le Dr Henri Fæs a fait venir quelques-uns de ces petits animaux. Il s'agit non pas de « chenilles » proprement dites, mais de larves de *Téléphores* (coléoptères malacodermes), chassées de leurs retraîtes par de trop grandes pluies ou une chaleur prématurée. Il n'est pourtant pas impossible qu'un vent violent transporte parfois ces bestioles à quelque distance.

M. Fæs rapporte à cette occasion que ces mêmes larves sont déjà apparues maintes fois sur la neige, d'où leur nom de « vers de neige ».

M. le Dr Machon donne la description d'une *tempête de terre* qu'il a eu l'occasion d'observer le 12 janvier 1894 à Rosario (Argentine).

Séance du 1er avril.

F.-A. Forel. Poussières éoliennes. Origine des cendres volcaniques. — Dr Reiss. Image latente de l'écriture à l'encre. — Dr S. Bieler. Ivoire végétal.

M. F.-A. Forel continue sa description de la chute de *poussières éoliennes* du 22 février 1903 (voir séance du 4 mars). D'après de nouveaux renseignements, ces poussières sont de provenance saharienne. Cela est prouvé :

a) Par l'identité des échantillons recueillis en Suisse le 22 février avec ceux d'autres chutes analogues de poussiè-

res dont la provenance peut être suivie jusque dans le Sahara africain, entr'autres celles du 9-12 mars 1901.

b) Par l'identité des poussières recueillies en Suisse avec la partie impalpable du sable du Sahara. M. Forel en montre des échantillons très probants venant du désert de Sidi Okbah et de la route de Biskra à Touggourt.

c) Par les rapports des navires qui ont traversé les mers européennes, vers les 20 et 21 février, et ont été couverts par les sables désertiques. Sur la Méditerrannée occidentale, les tourbillons de poussière étaient apportés par les vents du sud ; sur l'Atlantique, au large du Maroc et du Portugal, par des vents d'est et sud-est. De tous côtés, les vents venaient du Sahara.

M. F.-A. Forel étudie la nature et l'origine des *cendres volcaniques* qui sont projetées dans l'air par le cratère de certains volcans et dans certaines éruptions. Il s'attache à montrer qu'elles ne sont pas des cendres dans l'acception ordinaire du mot : résidu minéral de la combustion d'une matière organique; il montre qu'elles sont des poussières de lave pulvérulente.

Cette pulvérisation ne peut se faire en quantité suffisante par le frottement mécanique de masses vitreuses déjà refroidies, s'entrechoquant. Dans un éboulement de rochers, les poussières minérales se soulèvent en nuage, mais elles ne sont pas en quantités comparables à celles des cendres volcaniques. Exemple : poussières de l'éboulement du Fletschhorn sur le glacier de Rossboden, recueillies par M. le prof. Dr H. Schardt.

Cette pulvérisation ne peut se faire par l'expansion des gaz qui feraient éclater la lave vitrifiée, car cette lave, en se refroidissant, passe d'abord par l'état pâteux, et l'expansion des gaz lui donne la structure spongieuse de la pierre-ponce et non la structure pulvérulente.

Cette pulvérisation doit se faire probablement par la rupture de tension de la lave vitreuse trempée par un contact subit avec de l'eau froide. La surprise, l'étonnement, produit sur cette lave, doit être analogue à celui de la

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1903

Le 1er, forte bise pendant la journée, jusqu'à 7 h. du soir.
2 et 3, rosée le matin.
5, légère pluie le matin; de 5 h. 30 m. à 6 h. du soir, orage du SSW. à l'W, averse; depuis 7 h. 30 m., orages pendant la soirée sur tout l'horizon.
6, depuis 1 h. 30 m, à 2 h. 30 m. du matin, violents orages et fortes averses.
10, très forte bise pendant tout le jour.
12, éclairs au N. et à l'W. à 10 h. du soir.
13, halo solaire à midi, averse à 2 h. et orage au NW. à 3 h. 20 m. du soir.
14, forte bise à 4 h. du soir.
15, rosée le matin ; fort vent à 4 h. du soir.
16, fort vent depuis 10 h. du matin à 7 h. du soir; éclairs au NE. pendant toute la soirée.
17, pluie dès le matin jusqu'à midi.
18, pluie dans la nuit et depuis 1 h. du soir pendant le reste de la journée; à 4 h. 40 m., éclairs et tonnerres au NW.
19, pluie pendant toute la nuit et jusqu'à 10 h. du matin; elle recommence à 4 h. du soir.
22 et 23, forte rosée le matin ; le 23, pluie dans la soirée.
24, légère pluie à 6 h. du soir.
25, forte rosée le matin,
26, rosée le matin: pluie depuis midi pendant le reste de la journée.
29, fort vent pendant tout le jour; averse à 6 h. 30 m. du soir.
30, fort vent dans la journée ; depuis 6 h., un orage s'approche, venant du SW.; à 6 h. 17 m., forte décharge électrique à l'W.; quelques tonnerres; à 6 h. 40 m., arc-en-ciel double.
31, fort vent jusqu'à 4 h. du soir.

GENÈVE — JUILLET 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	32.1	31.7	31.1	**31.57**	+ **4.21**	30.4	**32.6**	NNE. 2	NNE. 3	SE. 0	NNE. 2	11.9	8	4	0	4	8.2	....	....
2	31.0	29.7	29.7	30.19	+ 2.80	28.8	31.1	S. 0	N. 1	SSW. 1	var.	4.8	0	0	1	0	12.0	....	....
3	30.3	29.5	30.4	29.97	+ 2.56	29.5	30.3	N. 0	SSW. 1	SW. 0	var.	3.6	2	6	9	6	9.1	....	....
4	30.5	29.7	29.7	30.01	+ 2.57	28.9	30.5	SW. 0	NW. 1	N. 1	var.	3.3	7	7	0	4	11.4	....	....
5	28.5	26.6	26.2	27.25	- 0.21	25.5	28.9	S. 1	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.3	10	5	10	7	9.2	13.1	5
6	25.9	26.0	26.6	25.94	- 1.55	25.0	27.0	E. 0	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	9.6	10	9	10	10	....	3.0	2
7	27.8	28.0	30.1	28.18	+ 0.67	27.0	30.1	SSW. 1	NNE. 1	SSW. 1	var.	7.7	0	6	7	4	11.0	....	....
8	30.3	30.6	31.9	30.62	+ 3.08	29.7	32.1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	7.9	1	7	10	6	9.0	....	....
9	31.6	31.2	31.5	31.39	+ 3.83	31.0	31.7	NNE. 1	NNW. 1	E. 1	NNE. 1	10.8	0	1	5	3	8.0	....	....
10	31.8	30.2	30.3	30.82	+ 3.24	29.8	31.8	NE. 1	NNE. 4	NNE. 3	NNE. 3	**26.7**	0	0	0	0	**12.8**	....	....
11	29.9	29.6	28.9	29.47	+ 1.87	28.5	30.0	NNE. 1	NNE. 1	S. 0	NNE. 1	9.0	0	0	0	0	12.6	....	....
12	27.7	24.8	23.2	25.75	- 1.88	22.9	29.1	S. 0	NNW. 1	W. 0	NNE. 1	10.6	0	0	4	1	12.4	....	....
13	23.2	22.7	23.9	23.20	- 4.45	22.6	24.2	SW. 0	SSW. 1	NE. 0	SSW. 1	12.9	6	6	8	7	6.8	....	....
14	25.5	25.1	26.2	25.32	- 2.35	24.2	27.0	N. 1	N. 1	SW. 0	NNW. 1	4.6	5	5	0	2	10.4	....	....
15	27.9	27.0	27.0	27.24	- 0.45	26.3	28.1	S. 0	NNW. 1	N. 1	var.	5.8	0	1	0	0	12.0	....	....
16	26.6	24.6	23.7	25.06	- 2.65	23.1	27.1	N. 1	SSW. 3	S. 1	SSW. 1	9.2	3	9	10	8	6.7	3.2	3
17	21.6	22.6	21.8	**22.01**	- **5.72**	21.4	22.6	S. 0	N. 0	NE. 0	var.	2.9	10	10	8	9	2.1	8.3	5
18	21.1	20.8	25.7	22.26	- 5.48	**20.8**	25.9	SE. 0	WSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	3.7	9	10	10	9	3.6	**45.5**	**19**
19	24.0	24.5	26.8	25.02	- 2.74	24.0	25.6	NE. 1	NNE. 1	SSW. 1	SSW. 1	2.9	10	10	10	10	0.7	12.2	9
20	27.3	28.6	30.0	28.01	+ 0.23	26.0	30.1	SSW. 1	SSW. 1	N. 0	var.	9.0	10	8	10	7	5.1	1.8	1
21	30.4	31.0	31.8	30.77	+ 2.98	29.8	31.9	S. 0	N. 1	N. 1	NNE. 1	3.6	9	8	3	8	2.7	0.1	....
22	30.8	28.4	26.7	28.90	+ 1.09	26.4	31.4	N. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	4.8	0	2	7	2	11.9	....	....
23	24.6	22.5	23.3	23.72	- 4.10	21.9	26.0	NE. 0	N. 1	SSW. 1	var.	6.7	9	7	10	8	4.8	3.2	3
24	26.7	27.9	29.5	27.23	- 0.61	24.0	29.7	SSW. 1	SSW. 1	ENE. 1	var.	12.7	10	7	4	5	4.9	0.1	....
25	29.4	28.4	28.1	28.71	+ 0.86	27.5	30.0	E. 0	NE. 1	N. 0	NE. 1	4.6	2	1	0	2	12.7	....	....
26	27.6	28.3	28.1	27.95	+ 0.09	26.8	28.4	S. 0	SSW. 1	W. 0	var.	2.5	7	10	10	9	3.0	6.7	1
27	28.7	28.4	29.5	28.52	+ 0.65	28.5	28.9	S. 0	N. 1	SW. 0	N. 1	4.6	5	2	1	2	11.8	....	....
28	29.3	28.4	26.9	28.10	+ 0.21	25.8	29.4	W. 0	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	6.2	10	10	9	9	....	....	....
29	25.1	25.1	25.8	24.84	- 3.06	24.1	25.8	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	10.2	8	6	10	9	6.1	4.1	4
30	24.1	25.0	27.3	25.08	- 2.83	24.0	27.4	SSW. 1	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	9.4	10	8	10	9	6.5	1.1	1
31	28.2	29.3	31.6	29.19	+ 1.27	27.4	32.3	SW. 1	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	9.6	5	7	9	8	7.5	....	....
Mois	27.74	27.31	27.84	27.50	- 0.15							7.71	5.4	5.5	6.0	5.5	235.0	102.4	56

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+15.6	+19.6	+17.8	+17.17	− 0.75	+13.8	+21.2	83	66	81	77	+ 8	66	87	16.7	− 0.2	1438
2	17.5	22.4	22.6	19.95	+ 1.67	13.2	26.6	77	51	57	68	− 1	51	90	16.3	− 0.7	1475
3	20.8	28.4	22.4	**23.19**	+ **4.85**	16.9	**30.8**	78	44	65	68	− 1	43	85	17.6	+ 0.5	1467
4	19.8	26.6	21.3	22.26	+ 3.86	17.8	28.7	71	54	74	66	− 3	40	80	18.0	+ 0.8	1472
5	18.0	27.3	19.1	20.94	+ 2.49	15.7	29.0	82	49	91	73	+ 5	46	90	....	.....	1486
6	17.2	20.2	16.9	18.31	− 0.19	15.0	23.1	90	54	72	77	+ 9	54	90	16.5	− 0.8	1535
7	11.4	17.0	14.2	15.00	− 3.54	12.7	19.0	53	42	53	**54**	**−14**	37	89	16.0	− 1.4	1570
8	12.8	14.6	13.9	**13.34**	− **5.25**	8.9	19.8	57	40	57	55	−13	38	80	16.2	− 1.3	1555
9	13.0	19.0	15.7	15.05	− 3.58	9.7	20.3	67	44	51	59	− 9	39	87	16.1	− 1.5	1547
10	14.7	20.0	17.6	16.34	− 2.33	10.7	22.0	72	44	56	63	− 5	41	82	16.0	− 1.6	1551
11	15.4	21.6	19.4	18.62	− 0.08	12.1	24.8	67	46	72	60	− 8	44	78	16.4	− 1.3	1528
12	17.4	25.0	22.2	20.61	+ 1.91	12.8	29.9	76	61	57	67	− 1	36	90	....	.....	1470
13	19.8	27.1	18.9	21.19	+ 2.43	16.0	28.7	68	40	79	62	− 6	40	80	17.6	− 0.3	1448
14	18.3	24.9	19.2	20.34	+ 1.55	16.2	27.2	76	40	55	60	− 8	**29**	88	17.1	− 0.8	1450
15	15.4	25.2	20.2	19.56	+ 0.75	10.7	28.5	72	40	65	60	− 8	32	88	17.0	− 1.0	1467
16	18.6	28.2	22.0	22.07	+ 3.24	15.0	30.2	75	32	65	61	− 4	32	88	17.2	− 0.8	1460
17	17.0	18.2	19.1	18.94	+ 0.09	16.9	22.4	98	92	81	85	+17	73	98	16.9	− 1.2	1483
18	18.2	25.4	15.4	18.66	− 0.21	14.7	28.0	94	55	95	86	+18	55	98	17.1	− 1.0	1461
19	14.4	18.6	14.6	15.33	− 3.55	13.8	20.0	95	82	98	**94**	**+26**	82	**99**	....	.....	1540
20	15.2	20.4	16.1	16.95	− 1.94	13.7	23.0	78	52	81	73	+ 5	52	90	16.8	− 1.5	1622
21	14.2	17.2	15.0	15.75	− 3.11	12.2	20.2	89	69	80	79	+11	65	90	16.7	− 1.6	1662
22	14.2	20.6	17.4	16.55	− 2.35	10.1	22.6	84	58	64	71	+ 3	37	95	16.8	− 1.6	1643
23	15.4	22.8	16.3	17.80	− 1.10	13.0	24.6	85	55	84	74	+ 6	55	85	18.4	0.0	1627
24	14.4	17.2	13.6	14.97	− 3.92	11.0	20.4	69	50	80	73	+ 5	50	85	18.2	− 0.2	1683
25	12.6	19.4	15.4	15.15	− 3.71	**7.8**	22.0	81	51	65	68	0	37	98	18.0	− 0.5	1637
26	13.7	17.6	14.8	14.35	− 4.53	9.0	21.2	79	73	97	85	+17	61	98	...	....	1620
27	14.6	19.8	15.4	16.79	− 1.08	12.4	21.7	82	43	77	67	− 1	43	95	15.3	− 3.3	1597
28	16.0	22.4	19.5	18.51	− 0.34	13.5	23.0	77	56	58	68	0	51	79	15.6	− 3.0	1567
29	19.8	21.4	17.6	19.76	+ 0.92	15.2	25.4	61	55	71	67	− 1	53	90	14.5	− 4.1	1548
30	13.5	18.2	13.0	16.13	− 2.69	13.0	20.5	87	64	83	70	+ 2	52	87	14.6	− 4.1	1527
31	11.6	19.0	13.6	15.64	− 3.15	11.7	20.7	73	42	62	60	− 8	42	73	11.8	− 6.9	1543
Mois	+16.02	+21.56	+17.43	+17.92	− 0.89	+13.09	+24.05	77	53	72	69	+ 1			16.50	− 1.59	1538

MOYENNES DE GENÈVE. — JUILLET 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.86	29.77	29.98	29.88	29.34	28.88	29.23	29.80	29.59
2e »	25.65	25.37	25.49	25.63	25.03	24.85	25.01	25.64	25.33
3e »	27.60	27.42	27.74	27.62	27.53	27.16	27.37	27.93	27.55
Mois	27.70	27.52	27.74	27.71	27.31	26.97	27.21	27.80	27.50

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+15.37	+14.17	+16.38	+19.03	+21.51	+22.14	+19.67	+17.21	+18.18
2e »	16.46	15.07	16.97	20.10	23.46	22.76	20.86	18.16	19.23
3e »	13.74	12.95	14.82	18.30	19.87	19.64	17.56	15.05	16.49
Mois	+15.14	+14.03	+16.02	+19.12	+21.56	+21.45	+19.31	+16.75	+17.92

Fraction de saturation en %.

1re décade	81	85	73	60	49	47	60	72	66
2e »	82	87	80	67	54	57	64	77	71
3e »	84	85	79	62	56	56	68	78	71
Mois	82	86	77	63	53	54	64	76	69

Dans ce mois l'air a été calme 242 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{79}{67} = 1.2$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 43°.7 W.
Son intensité est égale à 13.7 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	727.63
Nébulosité	5.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+18°.34
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+18°.11
Fraction de saturation........	67 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	727.65
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.4
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	70mm.8
Nombre de jours de pluie. (id.).	9
Température moyenne ... (id.).	+18°.81
Fraction de saturat. (1849-1875)	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	137.9	137 6	113.0	120.5	118.0	100.5	124.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	116.3	102.4	96.7	111.8	113.9	116.5

Durée totale de l'insolation à Jussy : 225h.8.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1903

Le 1er, fort vent à 1 h. du soir.
4, forte bise l'après-midi.
6, pluie le matin.
7, 8 et 9, très forte bise pendant tout le jour.
13, pluie à 9 h. du soir.
18 et 19, fort vent; pluie le 19, à 1 h. du soir.
23, fort vent pendant la journée.
26, à 7 h. du matin, grande sécheresse de l'air; fraction de saturation : 17 %.
Le 8, **dégel complet du lac.**

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	71.2	72.6	72.7	72.2	+ 4.3	71.1	72.8	NE. 1	SW. 2	NE. 1	var.	1	1	1	1	....	....
2	72.3	72.3	72.8	72.5	+ 4.5	72.2	72.9	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	3	0	1	....	....
3	72.8	72.7	72.5	**72.7**	+ **4.7**	72.4	**73.0**	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	10	5	....	....
4	71.9	71.7	71.7	71.8	+ 3.8	71.5	72.1	NE. 1	NE. 2	SW. 1	NE 1	0	4	2	2	....	....
5	71.4	70.3	69.5	70.4	+ 2.3	69.2	71.5	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	8	4	6	6	24.7	....
6	67.7	66.9	65.9	66.8	− 1.3	65.7	69.2	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	10	8	10	9	8.7	....
7	64.8	64.2	64.9	**64.6**	− 3.5	**64.0**	65.7	NE. 4	NE. 4	NE. 4	NE. 4	10	4	10	8	....	....
8	65.2	65.4	67.4	66.0	− 2.2	64.9	67.8	NE. 4	NE. 5	NE. 3	NE. 4	10	6	10	9	....	....
9	67.0	68.5	69.2	68.3	0.0	67.0	69.4	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	3	1	5	....	....
10	69.1	69.6	70.0	69.5	+ 1.2	69.0	70.2	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
11	69.8	70.7	71.4	70.6	+ 2.3	69.7	71.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	...	....
12	70.9	68.9	68.0	69.2	+ 0.9	67.8	71.0	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	2	0	1	....	...
13	66.3	66.3	66.6	66.4	− 2.0	66.3	66.7	NE 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	3	10	5	0.5	....
14	66.2	66.9	68.1	67.1	− 1.4	66.1	68.3	NE. 2	NE 2	NE. 1	NE. 2	10	7	0	6	....	....
15	69.3	69.7	70.2	69.7	+ 1.2	68.5	70.4	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	1	4	7	4	....	....
16	69.9	69.1	68.2	69.1	+ 0.5	68.1	70.0	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW 2	10	6	10	9	....	...
17	67.4	65.8	65.8	66.3	+ 2.2	65.5	68.0	SW. 4	SW. 2	SW. 2	SW. 3	10	7	10	9	....	....
18	65.6	66.1	66.5	66.1	+ 2.5	65.4	66.5	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	14.5	....
19	66.2	66.3	66.6	66.4	+ 2.3	66.1	66.7	SW. 3	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	**29.1**	....
20	66.2	67.6	68.7	67.5	+ 1.2	66.2	69.0	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	4	10	10	8	3.5	....
21	68.1	69.8	70.0	69.3	+ 0.6	68.1	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	4	10	8	....	....
22	68.3	69.0	68.9	68.7	0.0	68.2	70.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	2	1	....	....
23	67.4	66.9	65.3	66.5	− 2.2	65.2	67.5	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	18.0	....
24	64.4	65.8	67.1	65.8	− 3.0	64.1	67.4	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	....	....
25	66.9	67.5	68.0	67.5	− 1.3	66.8	68.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
26	67.9	68.1	67.7	67.9	− 0.9	67.5	68.2	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	8	10	6	8.5	....
27	66.8	67.6	68.6	67.7	− 1.2	66.9	68.8	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	5	8	8	....	....
28	68.9	69.2	68.9	69.0	+ 0.2	68.8	69.2	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	6	8	3	6	....	....
29	67.8	67.2	66.2	67.1	− 1.8	66.0	68.0	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	2	6	8	5	....	....
30	64.6	64.9	65.1	64.8	− **4.0**	64.5	65.2	SW. 3	SW. 4	NE. 2	SW. 2	7	8	10	8	....	....
31	65.3	66.6	68.2	66.7	− 2.2	65.2	68.3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	4	4	10	6	...	....
Mois	67.98	68.11	68.41	68.16	− 0.32							5.4	5.2	6.4	5.7	107.5	...

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 4.7	+ 9.9	+ 7.4	+ 7.3	+ 1.9	+ 2.6	+12.8	68	49	72	63	42	98
2	5.4	10.4	9.0	8.3	+ 2.8	+ 5.1	13.3	89	66	88	81	55	94
3	8.8	13.1	8 0	**10.0**	+ **4.5**	+ 7.2	**14.5**	71	56	100	76	46	100
4	7.9	12.9	9.1	**10.0**	+ 4.4	+ 6.4	14.3	70	56	37	54	26	85
5	6.7	11.1	8.2	8.7	+ 3.1	+ 6.7	11.8	75	63	81	73	50	90
6	4.1	8.7	+ 4.3	+ 5.7	0.0	+ 2.6	9.7	97	75	100	91	65	100
7	+ 0.1	2.1	− 2.4	− 0.1	− 5.8	− 2.7	2.5	86	57	100	81	52	100
8	− 2.9	0.4	− 2.0	− **1.5**	− **7.3**	− **3.0**	0.8	100	57	100	86	54	100
9	− 2.0	3.4	− 0.1	+ 0.4	− 5.5	− 2.2	3.6	100	54	94	83	51	100
10	+ 1.2	6.7	+ 5.1	4.3	− 1.6	− 0.6	7.9	61	54	69	61	50	90
11	6.8	12.6	7.9	9.1	+ 3.2	+ 4.6	12.8	38	35	82	52	34	82
12	7.7	11.8	9.3	9.6	+ 3.6	7.6	13.3	68	31	40	46	25	78
13	6.6	11.5	6.8	8.3	+ 2.3	6.0	12.2	82	49	100	77	40	100
14	5.1	9.4	6.0	6.8	+ 0.7	4.9	10.5	95	74	93	87	57	100
15	5.3	10.6	8.3	8.1	+ 2.0	5.0	12.0	93	56	92	80	47	98
16	6.4	11.0	7.6	8.3	+ 2.2	6.4	10.9	100	70	100	90	62	100
17	6.2	7.2	7.5	7.0	+ 0.8	6.0	8.3	100	96	93	96	78	100
18	7.1	7.8	7.4	7.4	+ 1.2	7.1	8.0	92	100	100	97	85	100
19	6.4	7.6	3.6	5.9	− 0.3	3.4	7.8	100	100	95	98	95	100
20	3.9	4.4	2.3	3.5	− 2.8	2.0	4.8	83	97	100	93	56	100
21	1.4	3.0	1.6	2.0	− 4.3	1.2	4.2	100	87	100	96	85	100
22	1.3	9.7	7.2	6.1	− 0.2	0.3	11.1	79	39	73	64	30	92
23	4.4	6.6	+ 3.9	5.0	− 1.3	+ 3.7	7.1	100	85	96	94	82	100
24	+ 1.2	2.2	− 0.4	1.0	− 5.4	− 0.6	3.0	100	100	100	**100**	95	100
25	− 1 2	6.6	+ 4.4	3.3	− 3.1	− 1.2	7.5	100	55	86	80	50	100
26	+ 5.7	10.2	4.1	6.7	+ 0.3	+ 3.3	10.3	17	42	100	53	**17**	100
27	1.8	5.7	3.3	3.6	− 2.8	1.8	7.2	100	86	99	95	82	100
28	5.0	9.1	7.5	7.2	+ 0.8	3.7	9.5	64	64	55	61	52	75
29	6.7	10.8	8.0	8 5	+ 2.1	6.0	11.5	40	38	56	**45**	35	68
30	+ 5.1	5 9	+ 1.6	4.2	− 2.2	+ 1.0	6.5	61	72	91	75	55	96
31	− 0.6	+ 3.2	− 0.1	+ 0.8	− 5.6	− 1.0	+ 4.1	85	80	100	88	72	100
Mois	+ 4.07	+ 7.92	+ 4.98	+ 5.66	− 0.50	+ 3.01	+ 8.83	81	66	87	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUILLET 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : - 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	69.34	69.43	69.66	69.47	82	59	84	75
2e »	67.77	67.75	68.01	67.84	85	71	89	82
3e »	66.94	67.52	67.64	67.37	77	68	87	77
Mois	67.98	68.11	68.41	68.16	81	66	87	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 3.40	+ 7.87	+ 4.66	+ 5.31	+ 5.15
2e »	6.15	9.39	6.67	7.40	7.22
3e »	2.80	6 64	3.74	4.40	4.23
Mois	+ 4.07	+ 7.92	+ 4.98	+ 5.66	+ 5.49

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{95}{77} = 1.23$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 19.4 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	66.6	56.7	65 8	107.5
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	0cm

goutte de verre en fusion plongée dans l'eau, qui se change en une larme batavique. L'explosion de cette larme donne un sable de verre.

M. Forel a été étudier ce phénomène au haut-fourneau de Choindez, près Délémont, où les scories sont pulvérisées par la simple projection de la masse en fusion dans un courant d'eau froide; la partie impalpable de ce sable de scories, convenablement décantée, donne une masse très analogue à de la cendre volcanique; le sable plus grossier, à des *lapilli* de volcan.

M. Forel constate que l'explication à laquelle il est arrivé n'est pas nouvelle; elle a déjà été formulée par Gümbel en 1875.

M. le D[r] REISS a examiné, en collaboration avec M. GERSTER, le décalque invisible de l'écriture à l'encre sur du papier. Ce décalque, trouvé pour la première fois par M. A. Bertillon, peut être rendu visible par l'application de la chaleur. Les auteurs ont expérimenté de nombreux papiers et encres. Il semble ressortir de ces recherches que l'image invisible est due à une action chimique de certains composants de l'encre sur l'encollage du papier.

M. Reiss montre ensuite quelques échantillons de photographie nocturne.

M. le D[r] S. BIELER, présente le fruit d'un palmier du nord du Transvaal, rapporté par M. Rosset, missionnaire à Mhinga, dans lequel on voit l'amande durcie comme l'*ivoire végétal* ou *coroso*.

L'ivoire végétal est indiqué comme produit par un Phytelephas d'Amérique et dans des fruits assez gros, groupés par quatre ou cinq. Celui apporté par M. Rosset a la grosseur d'une poire moyenne et forme des grappes de quarante à cinquante individus. La chair du fruit est mangeable. Le palmier lui-même produit une sève dont le goût est comparable à celui des meilleurs vins d'Europe.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. Elster et H. Geitel. Sur les émanations radioactives de l'air atmosphérique (*Phys. Zeitschrift*, 1903, 4, n° 19, p. 522-530).

II. *Rapports entre la radioactivité de l'atmosphère libre et les éléments météorologiques.*

Les auteurs mesurent la radioactivité de l'atmosphère avec un long fil de métal qu'ils exposent à l'air pendant deux heures environ, en le maintenant à un potentiel négatif de 2000 à 2800 volts. Ils l'enroulent ensuite autour d'un cylindre de toile métallique et mesurent son effet sur leur électromètre.

Il résulte de ces mesures que la teneur de l'atmosphère en émanations radioactives varie dans des limites étendues (16 : 1), et qu'il ne semble pas y avoir de relation directe entre la conductibilité de l'air et sa radioactivité. La température de l'air semble exercer une influence sur sa radioactivité, en ce sens que celle-ci est plus intense lorsque le froid est vif. Il semble aussi que les vents soufflant de terre ont une action plus marquée que ceux qui soufflent de la mer.

La pression barométrique influe indubitablement sur la radioactivité de l'air, qui diminue à mesure que la pression augmente. On explique ce fait en songeant que l'air contenu dans la couche superficielle du sol est beaucoup plus radioactif que l'air libre de l'atmosphère. Si la pression atmosphérique baisse, cet air chargé d'émanations peut s'exhaler plus facilement.

Des mesures faites au bord de la mer ont montré que l'air y est trois fois moins radioactif qu'à Wolfenbüttel, quoique sa conductibilité soit la même.

CHIMIE

Philippe-A. Guye. Journal de chimie physique. Genève, H. Kündig, éditeur.

Nous tenons à signaler immédiatement à nos lecteurs le nouveau périodique qui vient de faire son apparition à nos côtés. Nous pensons ne pouvoir mieux faire qu'en reproduisant ici l'avant-propos du premier numéro.

« Les mémoires sur la chimie physique publiés actuellement en français, paraissent dans une série d'excellents périodiques embrassant soit les sciences mathématiques physiques et naturelles, soit les sciences physiques, soit enfin les sciences chimiques en général. Le chercheur ne peut actuellement trouver ces mémoires qu'en consultant un très grand nombre de recueils différents.

Avec une pareille dissémination de forces et à une époque où la spécialisation en science est devenue une nécessité, il devient matériellement impossible de se tenir convenablement au courant, surtout si l'on doit encore suivre tous les travaux publiés en langues étrangères.

En créant le *Journal de Chimie physique*, notre premier but est donc de faciliter la publication centralisée des mémoires de chimie physique écrits en langue française, soit en insérant *in extenso* ceux que les auteurs voudront bien nous remettre ou nous autoriser à reproduire, soit en analysant les autres d'une façon détaillée, de façon qu'aucun travail important n'échappe à la bibliographie générale, ainsi que c'est trop souvent le cas aujourd'hui. Grâce à l'appui de nos distingués collaborateurs de l'étranger, nous joindrons, à ces mémoires, des travaux résumant l'activité scientifique des grandes écoles de leurs pays en matière de chimie physique, ce qui nous permettra de don-

ner à nos lecteurs un tableau aussi complet que possible du mouvement des idées dans cette science. C'est dire en même temps que toutes les opinions se trouveront représentées, même sur les questions les plus controversées, les auteurs en prenant d'ailleurs l'entière et pleine responsabilité.

En second lieu, nous publierons aussi rapidement que possible, un Bulletin bibliographique comprenant l'analyse de :

1° Tous les mémoires de chimie physique non insérés dans notre recueil.

2° Tous les ouvrages importants sur le même sujet édités dans tous les pays.

3° Tous les principaux faits concernant la spécialité du journal.

Ici une explication est nécessaire. Nous pensons en effet que la science et l'application doivent se prêter un mutuel appui. La chimie physique de ces vingt dernières années nous fournit à cet égard les plus brillantes démonstrations de cette vérité. La découverte des poudres sans fumée et des explosifs modernes qui en dérivent, n'est-elle pas en relation étroite avec les remarquables travaux de l'Ecole des Poudres et Salpêtres, sous la haute direction des Sarrau, des Berthelot et des Vieille? Les superbes conquêtes de l'électrochimie, qui utiliseront bientôt pour la fabrication de l'aluminium, des chlorates, des alcalis caustiques et du carbure de calcium, l'énergie d'un demi-million de chevaux électriques, ne sont-elles pas aussi une importante consécration des méthodes de la chimie physique, telles qu'elles ont été mises en œuvre dans les recherches des Gall et de Montlaur, des Héroult, des Hall, des Kiliani, des Moissan, des Wilson, des Castner, des Stroof, des Archessons, des Borchers, etc.? Enfin la catalyse, appliquée à la fabrication de l'acide sulfurique, à la suite des savantes et laborieuses recherches des Winteler, des Knietsch, n'est-elle pas en voie de bouleverser une industrie vieille d'un siècle, que l'on considérait comme arrivée au dernier degré de la perfection, après avoir été assise dès ses dé-

buts sur des bases scientifiques par les recherches de Gay-Lussac ?

Ces exemples, dont nous pourrions facilement grossir la liste, prouvent surabondamment, selon nous, que les hommes de science doivent rester constamment au courant des progrès de la technique en tant qu'elle touche à leur spécialité et que ses bases sont scientifiques. C'est pourquoi il nous paraît indispensable de donner une analyse sommaire des brevets intéressants la chimie physique et plus particulièrement l'électrochimie. Nous devons cependant faire ici une restriction : cette analyse ne peut être complète qu'en ce qui concerne les brevets pris dans les pays où la législation impose l'examen préalable des demandes de brevets par des commissions de savants et d'industriels compétents et n'en autorise la délivrance que si aucune antériorité n'a été signalée par ces experts. Dans les pays où la législation n'exige pas cette sanction, nous serons forcément obligés de faire un choix.

Nous nous proposons enfin de compléter les deux premières parties de notre recueil — Mémoires et Bibliographie — en publiant des Revues qui en constitueront la troisième partie, et dont la nécessité nous paraît démontrée par les considérations suivantes : la chimie physique, science nouvelle en tant que science indépendante, est loin d'avoir pris une forme définitive ; elle est en voie de transformations incessantes. Chaque année elle emprunte à la physique des doctrines nouvelles, elle adapte ses méthodes expérimentales au but spécial qu'elle poursuit et met ainsi au jour des résultats nouveaux qui intéressent non seulement le savant mais aussi le chimiste et le physicien praticien. En général ces résultats se présentent d'abord sous forme de faits isolés, puis ils prennent peu à peu de l'importance, de sorte qu'au moment où un sujet devient ce qu'on est convenu d'appeler une « question à l'ordre du jour », on est obligé, pour se mettre au courant, de revoir une série de mémoires remontant à plusieurs années et touchant souvent à des disciplines différentes. Ce travail est long et difficile, même pour les personnes

que leur carrière maintient en contact constant avec la science pure ; lorsqu'on veut le faire consciencieusement cela devient parfois un véritable labeur auquel on n'a pas toujours le temps de se livrer.

Nos « Revues » auront donc pour but de mettre au point les questions les plus importantes et les plus actuelles de la chimie physique pure et appliquée ; dans la mesure du possible, elles seront rédigées sous une forme abordable pour les lecteurs, chimistes ou physiciens, qui ont cessé de se tenir au courant des questions spéciales dont elles dépendent et dont la connaissance est cependant indispensable pour dominer un sujet d'actualité. Mais elles seront aussi largement documentées et poussées assez à fond pour rendre service également aux spécialistes, nous l'espérons du moins, en leur évitant en particulier le travail des recherches bibliographiques. Tel est, dans ses grandes lignes, le programme que nous nous sommes tracé. En nous mettant à l'œuvre, nous tenons à remercier tous ceux de nos collègues et amis, en tous pays, qui ont bien voulu nous promettre leur appui sans lequel notre effort serait vain ».

Nous souhaitons la bienvenue à cette nouvelle publication qui rendra les plus grands services aux disciples d'une science qui a pris rapidement un très grand développement. Elle aura bientôt fait sa place dans la littérature scientifique en s'adressant ainsi à une catégorie très spéciale de savants auxquels elle deviendra très vite indispensable. La courageuse initiative de M. Guye, ami et collaborateur dévoué des *Archives*, a toute notre sympathie ; nous suivrons son œuvre avec le plus vif intérêt, et nos deux Revues, l'une plus générale, l'autre très spéciale, l'une plus que centenaire, l'autre née d'aujourd'hui, se soutiendront constamment dans la poursuite d'un même but : la diffusion toujours plus complète et plus rapide des travaux et des découvertes scientifiques.

Revue des travaux faits en Suisse.

P. PFEIFFER ET R. LEHNARDT. COMPOSÉS MÉTHYLSTANNIQUES. (*Berichte*, **36**. 1054. Zurich).

En ajoutant de l'iodure de méthyle à une solution alcaline et alcoolique d'hydrate stanneux, puis en saturant par l'acide carbonique, on obtient un précipité blanc d'acide méthylstannonique, $CH_3.SnOOH$. Ce corps est amorphe, inodore et infusible. Lorsqu'on chauffe sa solution alcaline au bain-marie pendant une heure et qu'on la traite de nouveau par l'acide carbonique, il se précipite l'oxyde diméthylstannique $(CH_3)_2SnO$. L'acide méthylstannonique fournit enfin par l'action des acides bromhydrique et iodhydrique des composés $CH_3.SnBr_3$ (point de fusion 53°) et $CH_3.SnI_3$ (point de fusion 86,5°).

W. BICKERN. CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DU CASIMIROA EDULIS La Llave (*Archiv der Pharmacie*, **241**. 166. Zurich).

Les fruits de cette plante, qui est très abondante au Mexique et appartient à la famille des Rutacées, passent pour posséder une action légèrement hypnotique. L'auteur en a retiré un nouvel alcaloïde, qu'il a nommé *casimirine* et auquel il attribue la formule $C_{30}H_{32}N_2O_5$. Il cristallise dans l'éther en aiguilles fusibles à 106° et facilement solubles dans l'eau. Traité par l'acide chlorhydrique, il se dédouble en dextrose et une nouvelle base dont la composition n'a pas encore été déterminée.

A. WERNER ET F. ZILKENS. UNE NOUVELLE SYNTHÈSE D'HYDROCARBURES (*Berichte*, **36**. 2116. Zurich).

Les composés alcoylés du magnésium réagissent vivement avec les éthers sulfuriques des alcools, selon l'équation :

$$R_2SO_4 + R'.Mg.X = R.R' + R.SO_4.Mg.X.$$

En mélangeant 90 gr. de bromobenzène, 15 gr. de magnésium, 300 cmc. d'éther et 72,3 gr. de sulfate de méthyle, on a obtenu 16,5 gr. de toluène et 2,6 gr. de biphényle. De même 50 gr. de *p*-bromo-toluène ont fourni **23** gr. de *p*-xylène à côté d'une petite quantité de bi-*p*-tolyle.

G. Lunge. Sur la réaction de l'acide nitreux avec l'orangé de méthyle (*Zeitschrift für angewandte Chemie*, **16.** 509. Zurich).

L'acide nitreux ne rougit pas l'orangé de méthyle et semble par conséquent se comporter comme un acide faible. Cela vient de ce que, dans les conditions ordinaires des essais, le réactif est détruit par l'acide ; mais si l'on s'arrange de manière à éviter cette décomposition, on voit que l'acide nitreux donne la même réaction que tous les autres acides forts.

CHLORURATION

DE LA

p-amido et de la p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine

AU MOYEN DU

CHLORATE DE SOUDE ET DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE

PAR

Frédéric REVERDIN et Pierre CRÉPIEUX

Nous avons constaté que lorsqu'on fait réagir le chlorate de soude en présence d'acide chlorhydrique sur la p-amido-o'p'-dinitrodiphénylamine, il se forme des dérivés chlorés de la p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine, le groupe NH^2 étant oxydé dans la réaction. Il se forme donc les mêmes dérivés soit que l'on opère avec la p-amido, soit que l'on opère avec la p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine.

Quoique les réactions dont nous parlerons soient assez nettes et donnent des rendements convenables, la purification jusqu'à point de fusion constant de la plupart des produits obtenus, dans le but d'en faire l'analyse, est longue ; ce n'est qu'après des cristallisations répétées et en faisant varier les dissolvants, que l'on arrive à déterminer le véritable point de fusion ; nous avons remarqué à maintes reprises, pendant le

cours de ces recherches, que des produits conservant le même point de fusion après plusieurs cristallisations et se présentant sous le microscope comme des substances parfaitement homogènes, n'étaient cependant pas entièrement purs, et qu'en poursuivant la cristallisation on faisait encore monter le point de fusion d'une manière très appréciable.

En faisant donc réagir le chlorate de soude et l'acide chlorhydrique sur la p-amido ou la p-oxy-o'-p'-dinitrodiphénylamine, nous avons obtenu suivant les conditions indiquées ci-dessous, de la *m-m-dichloro-p-quinone-o'-p' dinitrophénylimide* ou de la *m-m-dichloro-p-oxy-o'-p'-dinitrodiphénylamine*, dont nous avons spécialement étudié la préparation et les propriétés.

m-m-dichloro-p-quinone-o'-p'-dinitrophénylimide

$$C^6H^2Cl^2ONC^6H^3(NO^2)_2 =$$

O
||
Cl — (cycle) — Cl
||
N.C⁶H³(NO²)₂ 2' 4'

On obtient ce dérivé en ajoutant à une solution refroidie à 20° environ, de 10 gr. de p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine dans 250 cc. d'acide acétique à 90 °/₀, 15 cc. d'une solution renfermant 5 gr. de chlorate de soude, puis d'un seul coup 25 cc. d'acide chlorhydrique à 21° Bᵉ. La température monte d'elle-même jusqu'à 35-40° environ ; il se forme un précipité d'abord brun (ce qui correspond sans doute à la formation intermédiaire du dérivé hydroxylé dichloré) qui devient de

plus en plus jaune ; il faut avoir soin d'agiter le mélange, puis lorsque le précipité est devenu jaune, on filtre, on lave et on sèche. Le produit brut ainsi préparé fond au-dessus de 200° ; purifié par cristallisations successives dans l'acide acétique, dans le benzène et la ligroïne, dans l'acétone étendue d'eau, il se présente à l'état pur sous la forme d'aiguilles feutrées, jaune très légèrement orangé ; il est fortement électrique lorsqu'il est réduit en poudre. Il fond à 219-220°, il est peu soluble dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, assez soluble dans l'acétone et dans le benzène ainsi que dans le chloroforme et l'acide acétique, insoluble dans la ligroïne.

0.1918 Sbst. 0.2954 CO^2 ; 0.0296 H^2O
0.1942 » 0.2990 CO^2 ; 0.0322 H^2O
0.1916 » 0.1617 Ag Cl

	Calculé	C 42.11	Trouvé	C 42.00 ; 42.00
$C^{12}H^5O^5N^3Cl^2$	»	H 1.46	»	H 1.71 ; 1.84
	»	Cl 20.76	»	Cl 20.88

Chauffée pendant une heure à l'ébullition avec de l'anhydride acétique, la dichloroquinone-dinitrophénylimide n'est pas attaquée.

Elle est insoluble à froid dans la solution de carbonate de soude, mais elle s'y dissout par une ébullition prolongée en se transformant en sel de soude facilement soluble du dérivé hydroxylé correspondant, qui se forme aussi par réduction de la quinone dichlorée au moyen de l'acide sulfureux.

La quinone dichlorée en question réagit avec l'aniline pour donner un produit cristallisé en aiguilles fines ; elle réagit également avec l'ammoniaque en présence d'alcool pour donner un composé très soluble dans le

carbonate de soude. Chauffée pendant longtemps au bain-marie avec une solution concentrée d'acétate de soude, elle se transforme partiellement en dérivé hydroxylé. Enfin, lorsqu'on abandonne à la température ordinaire pendant plusieurs jours une solution de 1 partie de quinone-imide-dichlorée dans 10 parties d'acide sulfurique concentré, elle se transforme presque intégralement en *p-oxy-m-m-dichloro-o'-p'-dinitrodiphénylamine*, F. 207°. Il se forme aussi dans cette réaction, par scission de la molécule, de la dichloro-quinone $C^6\,H^2\,O\,Cl.\,Cl.\,O$ et de la dinitraniline $C^6H^3\,NH^2\,NO^2\,NO^2$.
(1)(2)(6)(4) (1) (2) (4)
Cette scission se fait d'une manière plus complète lorsqu'on chauffe la quinone dichlorée avec de l'acide sulfurique étendu ou lorsqu'on la chauffe sous pression vers 200° avec de l'eau.

Pour ce qui concerne la constitution de cette quinone-imide-dichlorée, la position des deux atomes de chlore en ortho relativement à l'oxygène quinonique est justifiée en outre par l'examen qui va suivre du dérivé dichloré de la p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine.

Lorsqu'on opère la chloruration de la p-oxy- ou de la p-amido-o'p'-dinitrodiphénylamine en solution dans l'acide acétique à 80 °/₀ et avec des quantités moindres de chlorate de soude et d'acide chlorhydrique, il se forme non plus le dérivé quinonique dichloré, mais bien la *m-m-dichloro-p-oxy-o'-p'-dinitrodiphénylamine* :

$$C^6H^2(OH)Cl^2\,NHC^6H^3(NO^2)_2 =$$

OH
Cl ⬡ Cl
$NH.C^6H^3(NO^2)_2.$
2' 4'

Ce composé s'obtient en ajoutant à la solution de 10 gr. de p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine dans 250 cc. d'acide acétique à 80 °/₀, refroidie à 20° environ, une solution renfermant dans 12 cc. 4 gr. de chlorate de soude, puis 20 cc. d'acide chlorhydrique. La température monte d'elle-même de quelques degrés, on la porte jusqu'à 40° environ en chauffant au bain-marie. Il se forme subitement un précipité rouge-brun, volumineux et cotonneux, qu'on filtre après refroidissement et qu'on lave. Le produit brut qui fond en général vers 180°, peut-être purifié par cristallisations successives dans l'acide acétique, l'acétone, etc., ou par cristallisation de son sel de sodium et décomposition par l'acide chlorhydrique. Il se présente à l'état pur sous la forme d'aiguilles feutrées rouge-orange, peu solubles dans le sulfure de carbone, insolubles dans la ligroïne, très solubles dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le benzène, le chloroforme et l'acide acétique, ainsi que dans une solution bouillante de carbonate de soude ; il fond à 207°.

Son *dérivé acétylé*, qui est en cristaux jaune-citron, F. 207-208°, a été analysé.

0.1393 gr. Sbst.		13.5^{cc} N (15°, 730.5^{mm})				
0.1816 »	»	0.1376 Ag Cl				
0.1788 »	»	0.2844 CO^2, 0.0425 H^2O				
$C^{14}H^9O^6N^3Cl^2$	Calculé	C	43.52	Trouvé	C	43.38
	»	H	2.33	»	H	2.64
	»	N	10.88	»	N	10.90
	»	Cl	18.39	»	Cl	18.74

Son *sel de sodium* est en aiguilles noires et brillantes.

Nous avons établi la constitution de l'oxydichloro-

dinitrodiphénylamine dont il vient d'être question, en identifiant ce produit avec celui qu'on obtient par condensation du chlorodinitrobenzène ($Cl.NO^2.NO^2.1.2.4.$) avec le dichloraminophénol ($OH.\ Cl.\ NH^2.\ Cl.\ 1.2.4.6$). Cette condensation, effectuée en solution alcoolique en présence d'acétate de soude, a fourni un composé absolument identique au produit obtenu par chloruration ; son *dérivé acétylé* ainsi que son *sel de sodium* ont également été préparés et identifiés.

D'autre part, la m-m-dichloro-p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine fournit la dichloro-p-quinone-o'p'-dinitrophénylimide, lorsqu'on la traite en suspension dans l'acide acétique à 90 °/₀ par le tiers des quantités de chlorate de soude et d'acide chlorhydrique indiquées pour la préparation de ce produit ; ce fait prouve que la dichloro-quinone-imide correspondante renferme ses deux atomes de chlore en position ortho relativement à l'oxygène quinonique, comme nous l'avons indiqué précédemment.

En faisant réagir le chlorate de soude et l'acide chlorhydrique en plus grand excès sur la p-amido-o'p' dinitrodiphénylamine en solution dans l'acide acétique cristallisable, nous avons obtenu un dérivé plus chloré qui, d'après les dosages d'azote et de chlore, pourrait être une *trichloro-quinone-o'p'-dinitrophénylimide* $C^6HCl^3ONC^6H^3(NO^2)_2$.
2'4'

	0.1575 Sbst.	16.1^{cc} N (18°, 734^{mm})		
	0.1742 »	0.2012 Ag Cl		
$C^{12}H^4Cl^3O^5N^3$	Calculé	N 11.16	Trouvé	N 11.40
	»	Cl 28.29	»	Cl 28.57

Ce produit prend naissance en ajoutant à une solu-

tion refroidie à 20° environ de 10 gr. de p-amido-o'p'-dinitrodiphénylamine dans 250 cc d'acide acétique cristallisable, 30 cc. d'une solution de chlorate de soude renfermant 10 gr. de Na Cl O^3, puis, d'un seul coup, 50 cc d'acide chlorhydrique à 21 Bᵉ.. La température s'élève jusqu'à 42° environ et il se forme un précipité ; le produit de la chloruration abandonné vingt-quatre heures à la température ambiante, a été filtré, lavé, puis cristallisé dans l'acide acétique ou dans l'acétone étendue d'eau ; il se présentait alors sous la forme d'aiguilles rouge-orange, F. 198° ; l'analyse montra que malgré son apparence homogène, ce produit n'était pas pur. et l'on arriva par des cristallisations répétées dans l'acétone étendue d'eau, à faire monter le point de fusion à 208°, puis enfin à 216°, tandis que la couleur orangée devenait de plus en plus jaune. C'est le produit F. 216° qui a fourni à l'analyse les résultats indiqués ci-dessus. Il se présente sous la forme d'aiguilles feutrées, jaune légèrement orangé, peu solubles dans l'alcool, insolubles dans la ligroïne et dans la solution de carbonate de soude, solubles dans l'acétone, l'acide acétique, très solubles dans le benzène et le chloroforme.

Nous avons aussi soumis à l'action du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique la *p-acetoxy-o'p'-dinitrodiphénylamine* ainsi que la *p-acétamido-o'p'-dinitrodiphénylamine* ; dans le premier cas nous avons obtenu très facilement un dérivé monochloré, tandis que dans le second cas il se forme un produit difficile à purifier, fusible vers 163° et dont nous n'avons pas poursuivi l'étude.

La *p-acetoxy-o'-p'-dinitrodiphénylamine* a été dé-

crite par Nietzki et Simon[1] qui lui ont attribué le point de fusion 129° ; nous avons trouvé qu'elle fondait à l'état pur à 137°. Elle cristallise dans l'alcool en feuillets jaunes et brillants.

Nous l'avons chlorée en introduisant dans une solution de 11 gr. 5 du dérivé acétylé dans 250 cc d'acide acétique cristallisable, une solution renfermant dans 10 cc 3 gr. de chlorate de soude puis 17 cc d'acide chlorhydrique à 21° Bᵉ. Il se forme un précipité jaune et la température monte d'elle-même de plusieurs degrés, on la porte à 40° environ, en chauffant au bain-marie ; le précipité diminue à un certain moment puis augmente de nouveau donnant souvent une masse compacte qu'on filtre après refroidissement et qu'on lave. Le produit brut fond vers 164°, et après avoir été purifié par cristallisations successives dans l'acide acétique, l'acétone ou dans le benzène, il fond à 170° et se présente sous la forme de longues aiguilles jaune-citron ou de prismes allongés. Il est peu soluble à froid dans l'alcool, l'éther et le sulfure de carbone, insoluble dans la ligroïne, assez soluble à chaud dans l'alcool ainsi que dans l'acétone, le benzène, l'acide acétique et le chloroforme.

Ce composé constitue la *p-acétoxymonochloro-o'p'-dinitrodiphénylamine* $C^6H^3(OC^2H^3O)Cl.NHC^6H^3(NO^2)_{2\ (2'4')}$ ayant la constitution :

$$\underset{\text{(benzene ring)}}{C^6H^3}\begin{cases} OC^2H^3O \\ Cl \\ NH\,C^6H^3(NO^2)_{2\ (2'\,4')} \end{cases}$$

[1] D. ch. Ges. t. 28 (1895) p. 2974.

0.1716 Sbst. 0.3036 CO^2, 0.0490 H^2O
0.1762 Sbst. 19 ccm N (15°, 724^{mm})
0.1758 Sbst. 0.0722 Ag Cl.

$C^{14}H^{10}O^6N^3Cl$	Calculé C 47.80	Trouvé C 48.25
	H 2.84	H 3.17
	N 11.95	N 12.02
	Cl 10.10	Cl 10.16

Le dérivé hydroxylé correspondant, la *p-oxy-o-chloro-o'-p'-dinitrodiphénylamine* $C^6H^3OH . Cl N H C^6H^3$ (4, 2) $(NO^2)_2$ (2'4') que l'on obtient par saponification au moyen de l'acide chlorhydrique en faisant bouillir pendant une à deux heures, se présente après purification sous la forme de belles aiguilles prismatiques rouges, F. 189°. Il est très soluble à chaud dans l'alcool, l'acétone et l'acide acétique, peu soluble à froid dans l'alcool, l'éther, le benzène, le sulfure de carbone et le chloroforme, insoluble dans la ligroïne.

Il se dissout à chaud dans la solution de carbonate de soude, mais il s'en dépose par le refroidissement non pas à l'état de sel de soude, mais à l'état de dérivé hydroxylé; le sel de soude, ne paraît donc dans ce cas exister qu'à l'état de solution; cette propriété distingue le composé en question de son isomère, F. 183°, dont nous allons parler.

L' « Aktien Gesellschaft für Anilin Fabrikation in Berlin » a décrit dans un brevet allemand (128725 kl 22, du 26 mai 1900) une *oxymonochloro-o'-p'-dinitrodiphénylamine* obtenue par condensation du chlorodinitrobenzène $C^6H^3ClNO^2NO^2$ 1.2.4 et du chloraminophénol $C^6H^3OHClNH^2$ 1.2.4; ce composé, indiqué

comme étant en aiguilles rouges F 180° correspond, d'après son mode de formation, à la formule :

$$\text{OH, Cl, NH } C^6H^3(NO^2)_2 \; (2'4')$$

Il nous a paru intéressant, étant donné les points de fusion rapprochés, de le comparer au dérivé monochloré que nous avions obtenu nous-mêmes et nous avons pu constater qu'il est différent. Nous avons trouvé après des cristallisations répétées le point de fusion 183° ; le produit de l' « Aktien-Gesellschaft » cristallise en aiguilles prismatiques rouges, mais ces aiguilles ne sont pas si bien formées que celles du dérivé F 189°. La solubilité dans les divers dissolvants est à peu près la même, il paraît cependant être plus soluble à chaud que son isomère, spécialement dans le benzène et dans le chloroforme. Il se dissout à chaud dans le carbonate de soude et il se dépose par le refroidissement sous la forme de son *sel de sodium* en aiguilles brillantes et noires. Son *dérivé acétylé* cristallise dans un mélange d'acétone et d'alcool en longues aiguilles, jaune légèrement orange, qui commencent à se contracter et à brunir à 149° pour fondre complètement à 156°. La solubilité dans les divers dissolvants est la même que celle de son isomère

0.1698 Sbst. N $18^{cc}.4$ (18°, 731^{mm})
$C^{14}H^{10}O^6N^3Cl$ Calculé 11.95 N Trouvé N 12.03

Nous ajouterons que le produit de condensation ci-

dessus nous a fourni par chloruration l'o'-p'-dinitrophénylimide-p-quinone dichlorée F 219-220°.

La constitution de cette p-oxymonochloro-o'-p'-dinitrodiphénylamine étant donnée par son mode de formation, il était sans doute permis d'attribuer à son isomère celle que nous avons proposée.

Grâce à l'obligeance de la « Chemische Fabrik Griesheim-Elektron », nous pûmes avoir à notre disposition du chloraminophénol $C^6H^3.OH.Cl.NH^2$ 1.3.4, au moyen duquel nous avons pu prouver l'exactitude de notre supposition. Il nous a, en effet, été ainsi permis de constater qu'en condensant le chlorodinitrobenzène avec ce chloraminophénol en solution alcoolique, on obtenait une oxymonochloro-dinitrodiphénylamine identique à celle que nous avions préparée par chloruration de la p-acetoxy-o'p'dinitrodiphénylamine, puis saponification. Cette oxy-monochlorodinitrodiphénylamine F 189°, se dissout dans le carbonate de soude à chaud, et s'en dépose par le refroidissement. Elle donne le dérivé acétylé F 170°.

Le dérivé monochloré obtenu par chloruration de la p-acetoxy-o'p'-dinitrodiphénylamine puis saponification, correspond donc à la formule de constitution

OH

Cl

$NH\ C^6H^3(NO^2)_2.$
$\quad\quad\quad 2'\ 4'$

L'o-chloro-p-oxy-o'p'-dinitrodiphénylamine fournit par l'action subséquente du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique une *quinone-imide-trichlorée* qui

doit correspondre à l'une des deux formules de constitution suivantes :

O
||
Cl, Cl, Cl
||
N $C^6H^3(NO^2)_2$
2′ 4′

ou

O
||
Cl, Cl, Cl
||
N $C^6H^3(NO^2)_2$
2′ 4′

car elle fournit par scission au moyen de l'acide sulfurique étendu de la trichloroquinone

O
||
Cl, Cl, Cl
||
O

F 165° et de la dinitraniline

NH^2
NO^2
NO^2

.

Elle possède la même solubilité dans les divers dissolvants que la quinone-imide-dichlorée, mais elle s'en distingue au point de vue de ses propriétés physiques par son point de fusion 211° et par sa couleur nettement plus orangée.

0.1881 Sbst 0.21.34 Ag Cl
$C^{12}H^4Cl^3O^5N^3$ Calculé Cl 28.28 Trouvé Cl28.06

Elle résiste à l'action de l'anhydride acétique à l'ébullition ; elle est insoluble à froid dans la solution de carbonate de soude, mais lorsqu'on la chauffe longtemps avec cette solution, elle fournit un sel de soude peu soluble à chaud dans l'eau pure ou très légèrement

alcaline. Ce sel est presque complètement insoluble dans l'eau froide, spécialement en présence de carbonate de soude en excès; décomposé par l'acide chlorhydrique, il donne de la *p-oxy-trichloro-o'p'-dinitrodiphénylamine* qui se présente sous la forme d'une substance rouge orange, fusible vers 211°, dont le *dérivé acétylé* $C^6H(OC^2H^3O)Cl^3NH.C^6H^3(NO^2)_2$ cristallise en prismes jaune citron F 153°.

0.1824 Sbst	16.8^{cc} N (23°. 731^{mm})		
0.1714 »	0.1771 Ag Cl		
0.1872 »	0.2755 CO^2; 0.0400 H^2O		
$C^{14}H^8O^6N^3Cl^3$	Calculé C 39.95	Trouvé C 40.14	
	» H 1.90	» H 2.37	
	» N 9.99	» N 9.97	
	» Cl 25.33	» Cl 25.56	

Nous avons préparé un dérivé *monobromé de la p-acetoxy-o'p'-dinitrodiphénylamine* qui correspond sans doute comme constitution au dérivé chloré F 189°. Il a été obtenu en introduisant du brome dans la solution acétique de la p-acetoxy-o'p'-dinitrodiphénylamine et cristallise en aiguilles effilées de couleur jaune vif, F 165-166°; il cristallise bien dans un mélange d'acétone et d'alcool.

0.1919 Sbst	18.6^{cc} N (18°,737^{mm})	
0.1843 »	0.0862 Ag Br	
$C^{14}H^{10}O^6N^3Br$	Calculé N 10.61	Trouvé N 10.85
	» Br 20.20	» Br. 19.91

Le dérivé hydroxylé correspondant obtenu par saponification au moyen de l'acide chlorhydrique bouillant, la *p-oxybromo-o'p'-dinitrodiphénylamine* se dépose dans l'alcool étendu d'eau en jolis cristaux rouges, F 178-179°.

De même que le dérivé chloré correspondant, il se dissout à chaud dans le carbonate de soude et se dépose de cette solution non pas à l'état de sel de soude, mais bien à l'état de dérivé hydroxylé.

Nous avons essayé de chlorer par la même méthode l'*o et la p-éthoxy* ainsi que *l'o* et *la p-méthoxy-o'p'-dinitrodiphénylamines* et nous avons constaté que lorsqu'on opère avec les dérivés para, il y a saponification des groupes éthoxy et méthoxy; en sorte que l'on obtient finalement la dichloro-p-quinone-o'p'-dinitrophénylimide, F 219-220°. Le produit de la réaction étant difficile à purifier, il est fort possible qu'il se forme en même temps d'autres produits que nous n'avons pas pu identifier, mais la plus grande partie constitue, en tout cas, un produit de saponification.

En opérant avec les dérivés ortho, nous avons retiré, en revanche, du produit de la réaction, après purification, les combinaisons dichlorées suivantes :

o-éthoxy-dichloro-o'p'-dinitrodiphénylamine.

$$\underset{(2)}{C^6H^2.OC^2H^5}.Cl^2NHC^6H^3\underset{(2'\,4')}{(NO^2)_2}.$$

Ce composé cristallise en petites aiguilles jaune orange, F 185-186°. Il est très peu soluble dans l'éther et la ligroïne, peu soluble dans le sulfure de carbone, l'alcool, très soluble dans l'acétone et l'acide acétique, dans lesquels il cristallise par le refroidissement, très soluble dans le benzène et le chloroforme.

0.1988 Sbst. 0.1479 Ag Cl

$C^{14}H^{11}O^5N^3Cl^2$ Calculé Cl 19.09 Trouvé Cl 18.40

o.méthoxydichloro-o'p'-dinitrodiphénylamine.

Cette combinaison cristallise en petites aiguilles rouges F 206-207° et possède les mêmes solubilités que la précédente.

	0.1862 Sbst.	0.1444 Ag Cl	
	0.1791 »	19^{cc} N (17°, 725^{mm})	
$C^{13}H^9O^5N^3Cl^2$		Calculé Cl 19.83	Trouvé Cl 19.18
		N 11.73	N 11.74

Nous signalerons encore les produits que nous avons obtenus en chlorant par la même méthode l'*α et la β naphtyl-o'p'-dinitrophénylamines*.

Avec la première, il se forme principalement un *dérivé dichloré*, l'*α naphtyldichloro-o'p'-dinitrophényl-amine* $C^{10}H^5Cl^2NHC^6H^3(NO^2)_2$ qui cristallise en aiguilles jaune-soufre F 179°. La solubilité de cette combinaison dans les divers dissolvants est la même que celle des composés décrits précédemment, sauf dans le sulfure de carbone, qui la dissout facilement.

	0.1766 Sbst.	0.1336 Ag Cl	
$C^{16}H^9O^4N^3Cl$		Calculé Cl = 18.78	Trouvé Cl 18.72.

La β naphtyl-o'p'-dinitrophénylamine fournit à la chloruration deux dérivés. Le moins soluble dans l'acide acétique et qui présente tous les caractères extérieurs des autres combinaisons est une *β naphtyl-monochloro-o'p'-dinitrophénylamine* $C^{10}H^6ClNH.C^6H^3(NO^2)_2$. Elle
2' 4'
cristallise en feuillets jaune-orange, F 206°, elle est très peu soluble dans l'éther, l'alcool et la ligroïne, peu soluble dans le sulfure de carbone, très soluble dans

l'acide acétique à chaud, dans le benzène, le chloroforme et assez soluble dans l'acétone.

0.2000 Sbst. 21.3^{cc} N (14°, 744^{mm})
$C^{16}H^{10}O^{4}N^{3}Cl$ Calculé N 12.23 Trouvé N 12.26

Le composé le plus soluble dans l'acide acétique est blanc après purification et n'a pas pu être obtenu avec un point de fusion bien constant, il se décompose en fondant de 166 à 172° en dégageant de l'acide chlorhydrique, c'est donc sans doute un produit d'addition. L'analyse nous a donné les résultats suivants qui ne correspondent pas à une formule, mais qui montrent en tout cas que ce produit est fortement chloré.

C = 46.59 % H = 2.66 % N = 9.02 %
Cl = 29.71 %.

Nous continuons nos recherches sur la chloruration d'autres dérivés de la diphénylamine, mais nous ne saurions terminer ces lignes sans remercier les « Farbwerke Höchst » pour l'obligeance avec laquelle elles nous ont fourni les produits nécessaires à cette étude.

LES

APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite[1].)

CHAPITRE X

Le balancier compensateur

Théorie de l'erreur secondaire de compensation. — On a vu plus haut (p. 278) que la variation bien connue de la marche des montres aux diverses températures est due, en plus grande partie, aux changements du module d'élasticité du spiral. Ces changements étant considérables, on a cherché depuis longtemps à en annuler l'effet en produisant, par un organe approprié, une variation artificielle de la période d'oscillation du balancier égale à celle que donne naturellement le spiral, mais de sens contraire.

Le procédé de compensation presque seul employé aujourd'hui consiste à faire varier le moment d'inertie du balancier dans la même mesure que l'élasticité du spiral ; ce résultat est aisément obtenu par l'emploi

[1] Voir *Archives*, mars 1903, t. XV, p. 249; avril, p. 403; mai, p. 514; juin, p. 623; août, t. XVI, p. 172.

d'un balancier composé d'un bras diamétral, portant à ses extrémités des lames circulaires constituées par deux couches minces de deux métaux différents, centrées sur l'axe du mobile. Le métal extérieur est choisi plus dilatable que le métal intérieur, de sorte que l'élévation de la température force la lame à se recourber vers l'intérieur, et produit ainsi l'effet cherché. Pour pouvoir tenir compte des petites variations inévitables dans la fabrication des balanciers et des spiraux, on munit le pourtour du balancier de pièces mobiles, que l'on rapproche plus ou moins de l'extrémité libre de la lame, et qui augmentent ou diminuent ainsi son action.

Si les divers coefficients de variation intervenant pour modifier la marche de la montre étaient constants, c'est-à-dire si les variations auxquelles ils se rapportent — module d'élasticité et dilatation du spiral, dilatation des deux métaux composant la bilame — étaient proportionnelles à la température, on pourrait obtenir une compensation complète. Mais il n'en est pas ainsi. Comme le célèbre horloger Dent l'observa pour la première fois en 1833, un chronomètre réglé à deux températures déterminées ne l'est en général à aucune autre. S'il est muni d'un spiral d'acier, actionnant un balancier dans lequel le laiton et l'acier sont associés pour produire la compensation, et si, de plus, il est réglé de manière à posséder la même marche à 0° et 30°, il aura à 15° une avance de 2,5 secondes par jour environ. Cette avance porte le nom d'*erreur secondaire* du chronomètre.

On a beaucoup discuté sur la cause de cette forme particulière de la variation de marche des chronomètres ; elle tient, sans aucun doute en plus grande par-

tie au fait que la variation du module d'élasticité de l'acier, comme celle de toutes les propriétés de ce métal, est exprimée par un fonction contenant des termes importants supérieurs aux premiers.

Le spiral constitué par un alliage de palladium avec d'autres métaux, notamment du platine et de l'iridium, présente cette particularité à un bien moindre degré, et c'est en partie pour cette raison qu'un grand nombre d'horlogers, surtout en France, l'ont adopté pour les chronomètres de marine.

Mais il est d'expérience courante parmi les horlogers que le spiral d'acier conserve mieux ses marches que le spiral de palladium ; de plus, comme son module d'élasticité est supérieur et sa densité moindre, les chronomètres qui en sont munis sont moins fortement affectés que ceux qui possèdent un spiral de palladium par les positions inclinées du chronomètre, dans lesquelles le spiral s'excentre par son propre poids, et augmente le moment d'inertie du système oscillant. On peut, il est vrai, porter à l'actif du palladium sa résistance à l'oxydation et la qualité de n'être pas magnétique. Cependant son emploi serait beaucoup plus limité si la question de la compensation n'était venue lui apporter un appoint décisif.

Cette question de l'erreur secondaire, en même temps que de la conservation des marches par le spiral d'acier, est considérée comme si importante par un grand nombre d'horlogers que des mécanismes ingénieux et plus ou moins compliqués ont été imaginés et mis en œuvre pour introduire, dans l'action du balancier, un terme supérieur qui rende son action à peu près proportionnelle, à chaque température, aux varia-

tions du spiral. Ces mécanismes sont répandus surtout en Angleterre et en Allemagne ; l'un d'eux, celui de Loseby, consiste en une paire de thermomètres minuscules montés sur le balancier, et dont la tige a une forme telle que le déplacement du mercure ajoute à l'action de la bilame le terme quadratique qui lui manque. Ce système est assez coûteux à établir et sujet à se dérégler. Les autres, plus modernes, sont en général plus simples, mais tous comportent l'addition d'une fonction mécanique au balancier[1].

Nous allons voir comment l'emploi des aciers au nickel permet de résoudre très simplement la question.

Théorie de l'erreur secondaire. — La variation du rayon de courbure d'une lame bi-métallique est exprimée, suivant Villarceau, par l'équation

$$(1) \qquad \frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{\theta - \theta_0}{h};$$

ρ_0 et θ_0 désignant deux valeurs initiales correspondantes du rayon ρ et de la température θ. Dans cette expression, h est posé en abrégé pour

$$\frac{2}{3}\,\frac{e}{\alpha_2 - \alpha_1}\left[1 + \frac{(E_1 e_1^2 - E_2 e_2^2)^2}{4 e^2 e_1 e_2 E_1 E_2}\right],$$

e représentant l'épaisseur de la lame, e_1, e_2 les épais-

[1] Il convient de mentionner en particulier, comme résolvant la question d'une manière très satisfaisante, le balancier imaginé par Nicolas Pons, horloger à St-Nicolas d'Aliermont, et dans lequel la bilame est rectiligne, diamétrale et perpendiculaire à l'axe du balancier. Cette lame porte, à ses extrémités, des tringles obliques soutenant des masses. Plusieurs de ces balanciers, construits par Winnerl, ont donné d'excellents résultats. Mais la difficulté de leur fabrication n'a pas permis d'en généraliser l'emploi.

seurs respectives de chacun des métaux, E_1, E_2 leurs modules d'élasticité, α_1, α_2 leurs dilatabilités.

Posons

$$B = \frac{(E_1 e_1^2 - E_2 e_2^2)^2}{4 e^2 e_1 e_2 E_1 E_2}; \tag{2}$$

et écrivons l'équation (1) sous la forme

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = -\frac{3(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta\theta}{2e'(1+B)}; \tag{3}$$

e' désignant le quotient $\frac{e}{\rho}$ ou l'*épaisseur relative* de la lame.

On voit immédiatement que la variation relative du rayon de courbure est proportionnelle à la différence des dilatations des deux parties de la lame et inversement proportionnelle à son épaisseur relative ; c'est donc cette dernière quantité qui, dans les balanciers de dimensions différentes, assure la similitude des déformations, c'est-à-dire l'égalité de l'action compensatrice.

Le maximum de déformation est atteint lorsque $B = 0$, ou lorsque

$$\frac{e_1}{e_2} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}}; \tag{4}$$

condition indiquée pour la première fois par Villarceau, et que l'on s'attache toujours à réaliser en pratique, afin d'obtenir une action suffisante du balancier. Les e et E variant avec la température, si la dernière condition est remplie à une température déterminée, elle ne l'est en général à aucune autre, et il est facile de voir que B s'éloigne de 0 suivant une fonction quadratique. Mais les excès quadratiques des valeurs que peut prendre B sont toujours négligeables en pratique.

La détermination de l'erreur secondaire se réduira donc à la discussion de l'équation

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{3}{2e'}(\alpha_2 - \alpha_1)\Delta\theta, \tag{5}$$

où la variabilité de ρ introduit encore une complication dont on peut se débarrasser.

La donnée la plus sûre dont nous puissions nous servir pour chercher à corriger l'erreur secondaire est le résultat de l'observation des chronomètres munis de la compensation habituelle. Or nous nous proposons de substituer au balancier acier-laiton un autre balancier ayant la même action moyenne, mais une action de second ordre un peu différente. Dans le nouveau balancier, la variation de l'épaisseur relative de la lame et la variation relative du rayon de courbure seront les mêmes que dans l'ancien, et, s'il s'agit seulement de déterminer la différence des actions secondaires, nous pouvons négliger le terme commun aux deux balanciers. Le calcul pourra donc être fait comme si le rayon était constant au dénominateur du premier membre ainsi qu'au dénominateur de e'.

Le pouvoir compensateur du balancier est imposé par la nature du spiral. Ses deux éléments, de signes contraires, sont la variation de courbure de la lame et le mouvement radial de son point d'attache. Le premier de ces effets est environ douze fois plus grand que le second, et c'est celui d'où dépend la solution pratique du problème.

Les dilatations n'étant pas, en général, proportionnelles aux températures, nous pourrons développer l'expression des dilatations moyennes, et poser

$$\alpha_1 = a_1 + b_1\theta, \qquad \alpha_2 = a_2 + b_2\theta. \tag{6}$$

L'erreur secondaire entre deux températures, par exemple 0° et 2θ, est la différence entre la variation de marche entre 0 et θ, et la moitié de la variation entre 0 et 2θ; elle est exprimée par

$$(7) \qquad S = \left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_\theta - \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_{2\theta} = -\frac{3}{2e'}(b_2 - b_1)\theta^2.$$

En désignant par Q l'action de la bilame, imposée par le spiral, on aura

$$(8) \qquad Q = \frac{\Delta\rho}{\rho\Delta\theta} = \frac{3}{2e'}(\alpha_2 - \alpha_1);$$

et, en introduisant cette valeur dans l'équation précédente, on trouve

$$(9) \qquad S = Q\,\frac{b_2 - b_1}{\alpha_2 - \alpha_1}\theta^2.$$

Cette équation nous montre que la part de l'erreur secondaire due à la lame est proportionnelle à l'effet exigé d'elle, et *proportionnelle au quotient de la différence des termes de second ordre dans les expressions de la dilatation par la différence des termes exprimant les dilatations moyennes.*

La proportionnalité au carré de la température provient uniquement du fait que nous avons adopté une formule du second degré pour les dilatations. En pratique, une expression de cette forme a suffi jusqu'ici à tous les cas dont nous pouvons avoir à nous occuper.

Appliquons en premier lieu la formule qui précède au calcul de l'effet d'un bilame acier-laiton. Les mesures faites par M. Benoît à l'aide du dilatomètre Fizeau ont donné :

Acier............	$\alpha_1 = (10400 + 5{,}20\theta)10^{-9}$
Laiton...........	$\alpha_2 = (18600 + 5{,}50\theta)10^{-9}$

En admettant que le spiral exige une correction moyenne de 11 secondes par degré et par jour, on trouve pour les balanciers de construction usuelle, en tenant compte de l'effet propre du bras,

$$Q = 12^s,3,$$

d'où

$$S = 12,3 \frac{0,3}{8200} \theta^2.$$

Faisant comme à l'ordinaire $\theta = 15$, il vient $S = 0,1$. On trouve aisément que la part du déplacement radial du point d'attache de la lame, dans l'erreur secondaire, est environ moitié moindre ; celle due à la variation du moment d'inertie du bras est encore beaucoup plus petite.

Nous voyons donc que l'action du balancier acier-laiton est sensiblement linéaire, pour la raison que les coefficients b, pour ces deux métaux, sont presque identiques.

Pour obtenir un effet moyen progressif, il est nécessaire que b_2-b_1 soit positif, et d'autant plus grand, pour un effet donné, que α_2-α_1 est lui-même plus grand.

En particulier, si l'on veut que la variation d'un spiral d'acier soit complètement compensée, on fera en sorte que la quantité S soit égale à 2,5 environ pour $\theta = 15$. Les aciers au nickel associés aux métaux usuels nous donnent bien des moyens d'atteindre ce résultat. Le coefficient du terme quadratique de la dilatation variant depuis une valeur positive très grande jusqu'à une valeur négative, il suffira de choisir parmi eux, soit pour la partie extérieure, soit pour la partie intérieure de la lame, un alliage donnant avec tout autre métal ou alliage un quotient caractéristique convenable.

Mais, en pratique, la question se limite immédiatement. Les procédés actuels de fabrication des balanciers exigent le tournage très précis d'une plaque de l'un des métaux, dans laquelle on creuse une rainure qu'on remplit ensuite par fusion directe d'un alliage

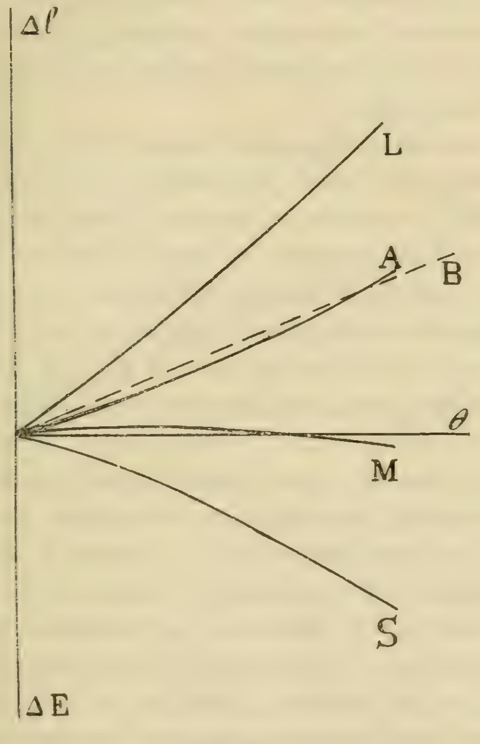


Fig. 18.

beaucoup moins réfractaire que le métal de la plaque. Après un nouveau tournage de la matière rapportée, le balancier est ensuite forgé par petits coups donnés sur le pourtour.

Ce procédé de fabrication exige que l'alliage rap-

porté se trouve à l'extérieur ; et, comme la correction de l'erreur secondaire nécessite une augmentation accélérée de la courbure, on est limité à l'emploi, pour la partie intérieure, d'un alliage possédant un terme quadratique s'éloignant dans le sens négatif de celui de l'alliage extérieur. On le trouvera parmi les aciers au nickel dont le deuxième coefficient de dilatation est négatif, c'est-à-dire dans la région comprise entre 36 et 48 pour cent.

Le traitement graphique du problème le rend immédiatement très clair. Représentons par la courbe S (fig 18) la variation du module d'élasticité du spiral, par A et L les dilatations de l'acier et du laiton, à une échelle convenable. L'action du balancier sera donnée approximativement par une courbe B dont les ordonnées sont les différences de L et A, et la marche, à toute température, sera indiquée par la somme algébrique des courbes B et S, c'est-à-dire par la courbe M.

Si, maintenant, nous voulons obtenir une compensation complète, nous chercherons à réaliser une courbe B (fig. 19) symétrique de S. La courbe L étant supposée donnée, il nous suffira de lui associer une courbe AN, telle que la différence des ordonnées remplisse cette condition, c'est à dire que la courbe M se confonde avec l'axe des abscisses. Jusqu'ici, on ne connaît que les aciers-nickels des compositions indiquées plus haut qui donnent des courbes de dilatation de ce type. C'est donc dans cette région que j'ai choisi les alliages avec lesquels ont été faits les essais que je vais rapporter.

Construction et essais du nouveau balancier. — La théorie dont je viens de donner une rapide esquisse ayant été publiée, au printemps 1899, dans le *Journal*

suisse d'horlogerie, deux des premiers horlogers neuchâtelois, M. P. Nardin au Locle et M. P. Ditisheim à la Chaux-de-Fonds me firent part spontanément du désir qu'ils avaient de tenter l'essai du nouveau balancier, le

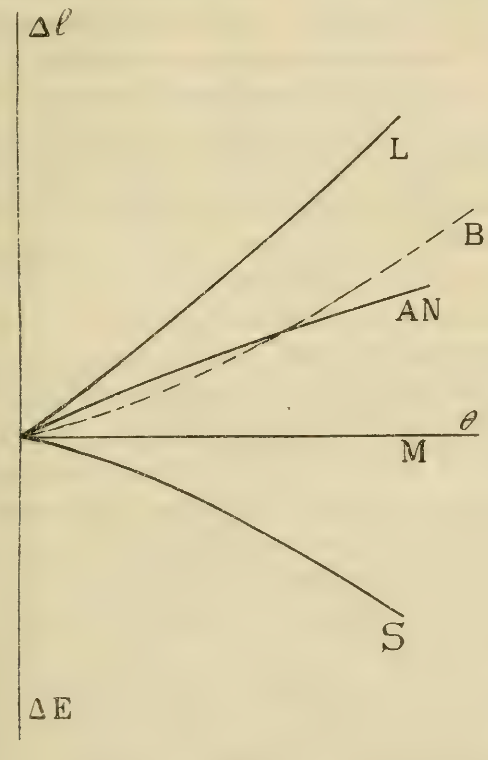


Fig. 19.

premier avec des chronomètres de marine, le second avec des pièces de poche. Quelques balanciers furent construits sur mes indications par MM. Ferrier et Vaucher à Travers [1], et mis à l'essai dans le courant de la

[1] Actuellement les balanciers sont livrés par la Société des Fabriques de spiraux réunies, à la Chaux-de-Fonds.

même année. Au printemps 1900, les expériences étaient déjà assez avancées pour que M. Nardin et M. Ditisheim pussent tous deux exposer à Paris des pièces munies d'un balancier acier-nickel et laiton possédant des marches qui ont été jugées très remarquables par le Jury de l'Exposition universelle. Les erreurs secondaires de ces divers chronomètres avaient été ramenées, par le simple fait du remplacement du balancier, dans les limites des écarts accidentels inévitables des meilleures pièces, et il ne semblait pas qu'aucune erreur imprévue eût été introduite dans les pièces en question.

A côté de la suppression de l'erreur secondaire, on avait pu faire bénéficier les chronomètres d'un autre perfectionnement prévu par la théorie. L'écart entre les dilatations des deux parties composant la bilame étant plus fort que pour la combinaison acier-laiton, on avait pu rendre les lames plus robustes, en éloignant la coupure du diamètre du bras. Dans les balanciers destinés aux chronomètres de marine, cette coupure avait même pu être placée à angle droit du bras, de telle sorte que les deux lames usuelles portant chacune une masse avaient été remplacées par quatre lames (fig. 20), embrassant chacune près d'un quart de circonférence, et chargées symétriquement. Cette disposition présente l'avantage de rendre les actions de la force centrifuge parfaitement symétriques, et d'en diminuer beaucoup la valeur absolue ; ainsi, l'isochronisme aux diverses amplitudes est moins perturbé par les déformations du balancier, et nécessite une moindre correction par la forme du spiral.

Les prévisions du calcul ayant été ainsi parfaitement vérifiées dès les premiers essais, il était nécessaire de

soumettre au contrôle de l'expérience un autre élément d'appréciation du chronomètre, la conservation de sa marche. Cette épreuve de conservation comprend deux phases distinctes : la détermination de sa reprise après les essais thermiques et l'étude des marches pendant une longue période.

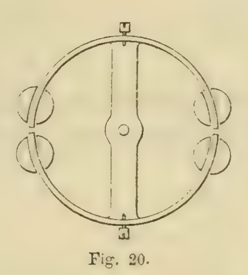


Fig. 20.

De nombreuses épreuves ont été faites dans cette double direction, soit encore par le regretté Dr A. Hirsch, soit par son successeur à la direction de l'Observatoire de Neuchâtel, M. le Dr L. Arndt.

L'ancien règlement de l'Observatoire de Neuchâtel ne prévoyait que des observations à trois températures, et l'erreur secondaire était nécessairement déduite de la comparaison des marches à la température moyenne avec celles observées aux températures extrêmes.

Voici quelques exemples d'observations exécutées d'après l'ancien règlement (+ indique l'avance) :

Chronomètre de marine Nardin

Température	Marche diurne
°	s.
8,8	+ 2,80
0,5	+ 2,30
0,6	+ 2,67
0,8	+ 2,71

Température	Marche diurne
°	s.
10,3	+ 3,33
10,2	+ 3,07
9,5	+ 3,02
30,7	+ 2,85
31,9	+ 3,25
31,4	+ 3,30
9,2	+ 3,05
8,9	+ 2,91

La figure 21 est la traduction graphique de ces résultats. Les points marqués correspondent aux observa-

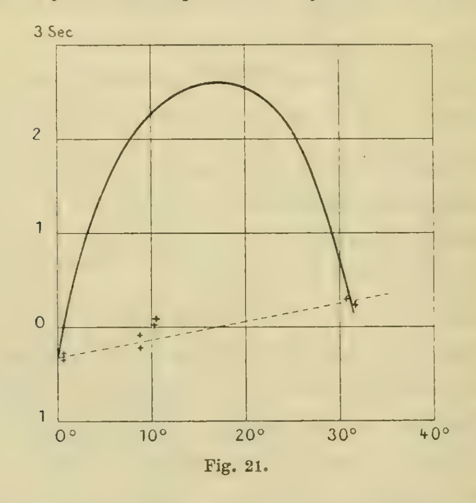


Fig. 21.

tions diurnes, la première marche à chaque température étant éliminée. La courbe continue représente les marches qu'aurait eues un chronomètre théoriquement parfait muni de l'ancien balancier.

On voit que les marches du chronomètre sur lequel ont porté les essais sont irréprochables. Non seulement l'erreur secondaire est annulée, mais encore la reprise est parfaite. Ces résultats sont, je dois le dire, parmi

les meilleurs qu'à ma connaissance un chronomètre muni du nouveau balancier ait jamais donnés.

Les exemples suivants, empruntés aussi aux expériences faites avec des chronomètres de M. Nardin, montrent que, si les erreurs secondaires ne sont pas toujours nulles individuellement, au moins leur moyenne

Chronomètres de marine

Nos	Erreur secondaire		Reprise	
	s.		s.	
69	+ 0,07		− 0,11	
71	− 0,22		+ 0,30	
72	+ 0,47		+ 0,28	
75	+ 0,58		+ 0,52	
76	− 0,35		+ 0,17	
77	− 0,28		+ 0,14	
Moy.	+ 0,04	(avance)	+ 0,21	(avance)

Chronomètres de poche

Nos	Erreur secondaire		Reprise	
	s.		s.	
9690	− 0,1		− 0,8	
9691	− 0,5		− 0,8	
9699	+ 0,2		− 0,1	
10130	+ 0,6		+ 0,8	
10282	− 0,3		− 0,9	
10291	+ 0,4		+ 0,8	
10293	+ 0,0		0,0	
10449	+ 0,5		+ 0,1	
Moy.	+ 0,1	(avance)	− 0,1	(retard)

est assez voisine de zéro pour qu'on puisse admettre qu'il ne reste plus d'erreurs systématiques dans le balancier. Les reprises aussi n'indiquent pas de déformation permanente dans un sens déterminé.

Le règlement inauguré au commencement de l'an-

née dernière à l'Observatoire de Neuchâtel contient des dispositions nouvelles concernant notamment les chronomètres de marine et de bord, qui sont soumis à des observations à cinq températures différentes, à chacune desquelles ils restent exposés cinq jours; le cycle des températures ayant été accompli par exemple en descendant, on remonte ensuite à la température initiale. La durée totale des observations aux températures est ainsi de 45 jours, ce qui constitue une épreuve particulièrement sévère. Après cette épreuve, qui est réglementaire, le propriétaire du chronomètre peut demander des observations prolongées à la température ambiante.

C'est en vertu de ces dispositions que M. Ditisheim a soumis à l'Observatoire de Neuchâtel cinq chronomètres de bord, d'une construction analogue aux montres de poche, d'abord aux épreuves de première classe, puis aux épreuves propres aux montres de bord, enfin à des observations continues qui ont duré cinq mois. Un sixième chonomètre de la même série a été retiré après les épreuves thermiques pour être envoyé à une exposition.

A côté des nouvelles épreuves, les anciennes sont sans grand intérêt, et je me bornerai à discuter les dernières.

Pour se faire rapidement une idée de la perfection avec laquelle la compensation d'un chronomètre a été réalisée, on peut se servir d'un procédé qui sans être parfait est au moins commode, et qui consiste à comparer les marches réelles de la pièce à celles qui seraient contenues dans la fonction linéaire la plus probable entre les marches et les températures. Une telle formule,

appliquée pour un intervalle de 30 degrés à un chronomètre parfait compensé avec l'ancien balancier, laisserait, pour cinq températures équidistantes, les cinq résidus : — 0,75, — 0,13, + 1,75, — 0,13 et — 0,75 secondes dont la moyenne est ± 0,70. Si le chronomètre était imparfait, les résidus seraient plus irrégulièrement répartis et généralement plus forts.

Le même criterium, appliqué aux six chronomètres de M. Ditisheim, a donné les résidus suivants :

Temp. °	N° 20307	N° 20308	N° 20309	N° 20310	N° 20311	N° 20312
3,8	- 0,46	- 0,20	- 0,52	+ 0,36	- 0,31	- 0,32
11,5	+ 0,52	+ 0,34	+ 0,35	- 0,54	+ 0,08	+ 0,21
18,1	+ 0,15	- 0,08	+ 0,46	+ 0,04	+ 0,36	+ 0,32
25,1	+ 0,00	- 0,03	+ 0,16	+ 0,08	+ 0,31	+ 0,03
32,0	- 0,23	- 0,03	- 0,45	+ 0,07	- 0,44	- 0,24
Moy.	± 0,28	± 0,14	± 0,39	± 0,22	± 0,30	± 0,22

Ces résidus, qui comprennent à la fois les erreurs systématiques de la compensation, les écarts fortuits, et enfin les erreurs d'observation, sont, comme on voit, bien inférieurs à ceux que laisserait un chronomètre théoriquement parfait compensé par le système usuel[1]. On ne cherchera pas d'ailleurs, dans ces résultats, la précision que donnent les chronomètres de marine, d'un format beaucoup plus grand, suspendus à la Cardan, et dont les observations, généralement automatiques, sont libérées en plus grande partie des erreurs d'appréciation des marches.

[1] Il est évidemment inutile, pour juger de la valeur du système, de considérer l'erreur moyenne de la compensation. Cette grandeur, qu'il est très intéressant de connaître pour chaque chronomètre, dépend seulement de l'habileté du régleur.

Cinq des chronomètres ont été ensuite conservés à la température ambiante et observés pendant 150 jours. Le tableau suivant donne les résultats, réunis par intervalles de cinq jours, obtenus au début et à la fin de cette longue période.

Dates			Temp.	Marche diurne moyenne				
				20308	20309	20310	20311	20312
			o	s.	s.	s.	s.	s.
1902	9-14	mars	17,7	+0,82	+5,64	+3,76	+6,28	+0,30
	14-19	—	18,7	+0,80	+5,86	+3,84	+6,20	+0,50
	19-24	—	18,4	+1,24	+5,88	+3,88	+6,44	+0,48
	24-29	—	18,9	+1,26	+5,76	+3,56	+6,48	+0,42
	29-3	avril	17,8	+1,52	+5,98	+3,68	+6,62	+0,38
	12-17	juillet	20,4	+0,54	+6,08	+2,74	+5,54	+0,02
	17-22	—	19,7	+0,74	+6,04	+2,74	+5,26	-0,28
	22-27	—	18,0	+1,02	+6,32	+2,96	+5,92	-0,18
	27-1	août	18,8	+1,26	+6,16	+2,92	+6,02	-0,18
	1-6	—	18,2	+0,96	+6,20	+2,78	+5,90	-0,22

Rapprochant de ces résultats les reprises de marche après 45 jours d'épreuves thermiques, nous formons le tableau ci-après, dont la dernière colonne indique les variations de la marche diurne durant la totalité des épreuves, c'est-à-dire depuis l'entrée des chronomètres à l'Observatoire de Neuchâtel, en novembre 1901, jusqu'à leur sortie, en août 1902.

Nos	Reprises	Plus grand écart en 150 jours	Variation de la marche diurne	
			en 150 jours	totale
	s.	s.	s.	s.
20308	- 0,59	0,96	+ 0,14	- 0,45
20309	+ 0,92	0,68	+ 0,56	+ 1,48
20310	- 0,13	1,46	- 0,98	- 1,09
20311	+ 0,32	1,96	- 0,38	- 0,06
20312	+ 0,07	1,20	- 0,52	- 0,45
Moy.	+ 0,12	1,25	- 0,23	- 0,11

Nous voyons que la variation subie du commencement à la fin des épreuves à la température ambiante est notablement inférieure aux écarts maxima ; de plus, les variations avec le temps ou après les épreuves thermiques sont en partie positives, en partie négatives et très faibles en moyenne. Les variations systématiques sont donc inférieures aux erreurs accidentelles, et on ne peut pas encore conclure de cette longue série d'observations qu'il existe une tendance à une variation progressive moyenne dans un sens déterminé.

Ces résultats, obtenus pour des pièces particulièrement soignées et dont l'étude a été faite d'une façon systématique, sont corroborés par des moyennes établies sur de nombreux chronomètres de toutes catégories. Voici, par exemple, un rapprochement fait par M. le D[r] Arndt dans son rapport sur les chronomètres observés en 1901 à l'Observatoire de Neuchâtel :

	Erreur secondaire	Reprise de marche	Nombre de chronomètres
	s.	s.	
Balancier Guillaume	0,53	0,42	21
Spiraux en palladium	1,46	1,35	9

J'ajouterai, en terminant, que le dernier concours institué par le Service hydrographique de la Marine française a conduit, par l'emploi du criterium habituel, à attribuer la première place à un chronomètre fabriqué par M. Leroy, à Paris, et muni du nouveau balancier[1] ;

[1] Deux chronomètres de ce système ont été présentés à ce concours : le deuxième, exécuté par M. Boudeaud, est sorti avec le numéro 6, ayant perdu quelques rangs par le fait d'un réglage insuffisant de la compensation. La moyenne de ces deux chrono-

et qu'enfin un chronomètre à tourbillon de M. Ditisheim a obtenu, en mai 1903, à l'Observatoire de Kew la cote 94,7, le plus haut chiffre réalisé jusque-là étant 92,7[1].

Toutes les épreuves auxquelles les chronomètres ont été soumis dans les conditions les plus diverses, tendent donc bien à prouver que le balancier construit conformément aux indications données par la théorie de l'erreur secondaire exposée plus haut, a introduit dans la chronométrie de précision un réel progrès.

S'il pouvait paraître avantageux de compenser complètement la marche des chronomètres munis d'un spiral de palladium, on y parviendrait tout aussi facilement que pour le spiral d'acier, en associant dans le balancier le laiton à un acier-nickel convenablement choisi.

CHAPITRE XI

Le spiral

Les indications données au chapitre précédent, rapprochées des résultats exposés au chapitre IV, me permettront d'être très bref en ce qui concerne le spiral.

mètres, rapprochée de celle des autres pièces du concours, a donné, en tenant compte du signe des écarts :

	Spiral acier, nouveau balancier	Spiral palladium
	s.	s.
Erreur secondaire	— 0,06	+ 1,04
Variation en 150 jours	— 0,01	+ 0,92

[1] Les observations relatives à la compensation ont donné, pour les marches diurnes de ce chronomètre :

o	s.
à 3,9	+ 3,40
18,3	+ 3,20
32,8	+ 3,30

On conçoit facilement que la nécessité de munir d'un balancier compensateur les montres auxquelles on veut assurer une marche satisfaisante aux diverses températures, introduise dans leur fabrication une cause de complication qui se chiffre par une augmentation de prix appréciable. Il est vrai qu'avec l'outillage moderne la fabrication mécanique du balancier n'est pas très coûteuse, et l'on voit des montres à très bas prix munies d'un balancier apparemment compensateur, mais dont les lames bimétalliques sont réunies par leurs deux extrémités au bras diamétral, et sont ainsi sans utilité pour la compensation.

Une personne peu initiée aux détails du réglage s'étonnera à bon droit que l'on cherche à donner au balancier toutes les apparences du rôle qu'il devrait remplir, et que l'on s'arrête si près du but, alors qu'un trait de scie donné à la bilame assurerait à la montre l'avantage de la compensation.

La raison en est la suivante : Un balancier destiné à compenser réellement doit être construit de telle sorte que la lame soit très élastique, ce qui oblige, comme on l'a vu, à forger le laiton après l'opération du soudage. Mais cet écrouissage produit des tensions souvent énergiques, qui se manifestent, aussitôt que la lame est rendue libre à l'une de ses extrémités, par une forte déformation qui la rejette à l'extérieur ou à l'intérieur. Jusqu'alors, le balancier complètement confectionné sur le tour était équilibré autour de son axe de figure; la lame étant libre il cesse de l'être, et on ne le ramène à cette condition que par des retouches successives des deux lames. Ce travail délicat ne peut être confié qu'à des ouvriers habiles, et se trouve être,

en conséquence, relativement coûteux. S'il a été mal fait, ou si les lames ont été traitées avec brutalité, la montre aura des marches très différentes aux positions, ou bien le balancier se déformera lentement dans le cours du temps, produisant un changement graduel de la marche.

Il en résulte que, si l'on ne veut pas admettre un écart de prix qui permette de traiter le balancier d'une façon rationnelle, il vaut mieux conserver un balancier n'ayant que les apparences d'être compensateur, que de chercher à lui donner réellement une fonction qu'il remplit mal.

On comprend donc que si l'on pouvait, par un choix convenable de la matière dont est fait le spiral, réduire dans une forte proportion les variations de son élasticité en fonction de la température, on pourrait améliorer considérablement la marche des montres dont le prix interdit l'application du système compensateur, ou même de celles dans lesquelles le balancier ne peut pas être fait avec des soins suffisants. C'est ce problème que nous nous étions posé, M. Perret et moi, et qui se trouve en partie résolu par les recherches que j'ai précédemment exposées.

Un coup d'œil jeté sur les figures 5 et 7 (p. 282 et 285) nous montrera immédiatement tout le parti que l'on peut tirer de l'emploi des aciers-nickels pour la solution de ce problème.

Si, partant des alliages non magnétiques d'une teneur voisine de 25 %, nous allons vers les fortes teneurs, nous voyons le coefficient de variation du module passer d'une valeur fortement négative à une valeur positive élevée, puis redescendre vers une valeur négative;

on peut donc trouver deux catégories d'alliages susceptibles de résoudre la question.

La méthode même employée dans l'étude de ces curieuses propriétés dispense d'autres explications d'ordre théorique; et, au point de vue pratique, il suffira de faire remarquer que, le deuxième coefficient de la formule de variation étant important dans les alliages contenant environ 28 °/₀ de nickel, les spiraux faits avec cet alliage, tout en étant susceptibles d'annuler en moyenne l'action de la température sur la marche des montres, imposeront une erreur secondaire importante. Pour les alliages de la seconde catégorie, et qui, pour une teneur de 45 °/₀ environ, donneraient la deuxième solution, ils seraient beaucoup plus avantageux à ce dernier point de vue. Mais, lorsqu'ils ont été portés aux températures qu'exige la fabrication des spiraux, leur limite élastique se trouve considérablement abaissée, de telle sorte que les spiraux deviennent peu maniables.

Cet abaissement de la limite élastique semble avoir très peu d'influence sur les marches, car les flexions de la lame d'un spiral oscillant sont assez faibles pour que la limite soit loin d'être atteinte. Mais c'est plutôt dans les manipulations qu'impose la mise en place du spiral qu'une insuffisante élasticité pourra être nuisible. Or, si l'on déforme le spiral, l'isochronisme des oscillations et la marche aux positions s'en ressentent immédiatement.

Plusieurs chronomètres ont cependant été réglés avec des spiraux de cette catégorie, et ont donné des marches très satisfaisantes; ce résultat est dû, sans aucun doute, à la grande habileté mise par M. Paul

Perret au service de ces études, mais je ne crois pas que de tels spiraux seraient facilement acceptés par les régleurs. En revanche, les spiraux de la première catégorie ont rapidement conquis la faveur des horlogers travaillant dans des qualités de montres auxquelles ils s'appliquent.

Malheureusement, outre l'erreur secondaire importante de ces spiraux, la rapidité de variation du coefficient moyen pour les teneurs voisines de celle qui remplit le mieux la condition cherchée laissera apparaître, par des différences dans les marches, les plus petits défauts d'homogénéité de l'alliage. On n'essaiera donc pas, au moins pour le moment, d'utiliser les spiraux d'acier-nickel dans la chronométrie, et il conviendra de limiter leur emploi à l'horlogerie courante qui est pour eux un domaine de choix. Ici, deux résultats également satisfaisants pourront être atteints : des montres à bas prix, que l'on munissait d'un balancier compensateur de manière à obtenir sinon une compensation parfaite, au moins une réduction importante de l'action des températures, pourront être munies du nouveau spiral et conserveront des marches au moins aussi bonnes, avec une réduction de prix qui, dans l'état actuel de l'industrie horlogère, pourra être envisagée comme sensible ; d'autre part, la faible différence de prix entre les spiraux d'acier et les spiraux d'acier-nickel permettra d'obtenir une compensation approchée pour des montres qui, jusqu'ici, ne pouvaient pas supporter l'augmentation de prix imposée par l'emploi d'un balancier compensateur. Etant donné que, entre 0° et 30° une montre ordinaire varie de 5 à 6 minutes en 24 heures, on devra considérer l'emploi d'un spiral d'acier-nickel

comme un réel progrès, même s'il laisse subsister une erreur de l'ordre d'une demi-minute dans le même intervalle de température; et c'est à un résultat de cet ordre qu'on doit pouvoir arriver couramment, en choisissant au besoin le métal du balancier de manière à ce qu'il corrige le mieux possible l'erreur moyenne des spiraux issus d'une même coulée.

A ces avantages obtenus dans le réglage, s'ajoute cette condition de plus en plus recherchée de la très faible sensibilité au champ magnétique des nouveaux spiraux et de tous les balanciers que l'on sera pratiquement conduit à leur associer.

RÉSUMÉ

Il me paraît utile de jeter un coup d'œil d'ensemble sur les progrès que l'emploi des aciers-nickels a permis de réaliser dans l'horlogerie et la chronométrie.

Par l'application des alliages peu dilatables à la construction des pendules compensés, on peut obtenir, dans les horloges de premier ordre, des marches plus parfaites que par les systèmes usuels de compensation. Les dispositions particulières du nouveau pendule rendent ces horloges facilement transportables sans qu'aucune de leurs pièces en soit préalablement enlevée. Pour ces horloges, les petites variations de l'invar dans le cours du temps sont sans importance, puisque les marches sont vérifiées à intervalles plus ou moins réguliers par des observations astronomiques. Dans un autre domaine, la simplicité de la compensation et la très minime augmentation de prix qu'elle impose permettra de l'appliquer à toutes les horloges qu'il est intéressant,

par le fait de leur marche dejà suffisante, de mettre à l'abri des variations dues à la température. Telles sont, en particulier, les horloges civiles électriques qui, en raison de leur remontage automatique donnant rarement l'occasion d'une remise à l'heure, doivent conserver leur marche pendant un temps prolongé.

L'anomalie d'élasticité des aciers au nickel apporte aussi au réglage des montres un élément nouveau et important. Grâce à la faible variation du module de ces alliages par un phénomène de compensation interne intimement lié aux transformations magnétiques, certains aciers au nickel conservent une élasticité à peu près constante aux températures ordinaires. L'emploi de ces aciers dans la construction du spiral améliorera sensiblement la marche des montres susceptibles, par le fait de leur construction, de donner une régularité de marche comprise entre 10 secondes et une minute par jour.

L'horlogerie moyenne, comprenant les montres dont la marche se maintient à quelques secondes près par jour (5 à 10), ne semble pas devoir bénéficier beaucoup, au moins pour le moment, de l'emploi des aciers au nickel. Mais un grand progrès se retrouve dans le chronomètre de haute précision susceptible de marcher, en raison de son mécanisme très parfait, avec une régularité de l'ordre de 1 ou 2 secondes par jour, et où les systèmes ordinaires de compensation apportent des erreurs plus fortes. L'emploi, dans le balancier compensateur, d'un acier-nickel dont la dilatation vraie va en diminuant à mesure de l'élévation de la température, a permis d'annuler définitivement l'erreur de la compensation, tout en assurant une conservation remarquable des marches dans le cours du temps.

Ces trois progrès, il est intéressant de le rappeler, sont dus au fait que les aciers au nickel réversibles traversent une longue région de transformation où les anomalies s'accumulent. Le premier est fondé sur des phénomènes qui se produisent au plein de la transformation; le deuxième sur ceux de son début; le troisième enfin est rendu possible grâce à la région de passage entre l'anomalie et les phénomènes normaux, lorsque la transformation est près d'être achevée. Toutes les phases de l'anomalie sont ainsi utilisées pour le perfectionnement des divers instruments destinés à la mesure du temps.

(A suivre.)

LES
LACS DU TYPE POLAIRE
ET LES
CONDITIONS DE LEUR EXISTENCE

PAR

A. WOEIKOF

Quand M. Forel établissait ses trois types thermiques des lacs d'eau douce, il ne pensait certes pas que le plus grand lac d'eau douce de l'ancien monde, le Baïkal, situé entre les latitudes de 51 $^1/_2$-55° $^1/_2$ N. fût un lac du type polaire. Il pensait sans doute, comme tous ceux qui adoptèrent sa classification, que ce type ne devait se trouver que dans des latitudes très élevées, et au milieu des glaciers. C'est en 1896 seulement que des sondages thermiques nous apprirent la température très basse de la masse des eaux du Baïkal. (Le travail de M. Drijenko sur le Baïkal a été publié dans les *Iswestia* de la Société géographique de Russie en 1897.) Ces sondages faits en été donnèrent partout des températures au-dessous de 4° dans la région pélagique, et des températures supérieures à 4° jusqu'à quelques dizaines de mètres, avec stratification directe, dans les golfes du lac. C'est la contre-partie de ce que

M. Forel a trouvé dans le Léman en hiver (température égale de haut en bas et supérieure à 4° dans la région pélagique, stratification inverse et température inférieure à 4° dans le Petit-Lac près de Genève).

Il y a cependant une chose à considérer, c'est l'extrême exiguïté de l'amplitude thermométrique des lacs du type polaire (0° à 4°) en comparaison de l'amplitude des lacs du type tropical.

Les mesures thermiques des dernières années ont éclairé les conditions dans lesquelles se trouvent les lacs du type des latitudes moyennes (lacs du type tempéré de Forel) qui s'approchent un peu du type polaire et nous donnent en même temps la possibilité de voir dans quelles conditions peut exister un lac du type polaire.

Pour la partie nord-ouest du plus grand lac de l'Europe, le Ladoga (60 à 62° lat. nord) et pour l'Enare (69° lat. N.) dans la Laponie, au delà du cercle polaire, M. Forel a donné ici même une étude fort intéressante[1]. En 1901, le regretté Ignatow a fait une étude du lac Teletzky dans l'Altaï[2], qui ressemble beaucoup au lac des Quatre-Cantons (sa surface est à peu près double, sa profondeur une fois et demi celle du lac suisse) par son étroitesse, sa profondeur et l'escarpement de ses bords. Jusqu'au commencement de juillet, la zone pélagique avait une température inférieure à 4° et même, le 17 juillet, dans une partie moins profonde, la couche de saut (Sprungschicht) était entre 1 et 2 m.

[1] Etude thermique des lacs du Nord de l'Europe. *Arch. Sc. phys.*, 1901.

[2] *Iswestia de Soc. géographique*, 1982, fasc. 2.

D'après les renseignements pris par Ignatow, la partie NW, peu profonde, gèle seule régulièrement, le reste du lac ne se couvre de glace que rarement, et les vents très forts d'amont *(Verkhovka)* en sont la cause ; ils brisent la glace qui s'était formée pendant les cours intervalles de calme et amoncellent des amas de glace (torossi) sur les bords. Les rares années où le lac gèle entièrement sont celles où plusieurs jours de calme favorisent la formation d'une couche assez épaisse de glace qui dure jusqu'en avril.

La partie NW du Ladoga ne gèle qu'en janvier, et quelquefois elle ne gèle pas entièrement.

Quand un lac ne gèle pas ou gèle très tard, dans des climats à hiver long et froid, la perte de chaleur en calories est énorme, en regard de ce qui se passe pour un lac qui gèle entièrement, toutes choses égales d'ailleurs.

La raison de cette différence est fort simple : quand un lac gèle entièrement, la glace et surtout la neige qui la couvre empêchent la perte de chaleur de l'eau par rayonnement et modèrent beaucoup la perte par conduction. Ce n'est que quand elles fondent que neige et glace refroidissent l'eau. Quand un lac ne gèle pas entièrement, en raison des vents forts qui soufflent au-dessus de la surface, il se forme souvent plus de glace que quand le gel est entier, mais cette glace, en partie rejetée sur les bords, ne protège pas l'eau contre le refroidissement par rayonnement et au contact de l'air, mais elle contribue au refroidissement de l'eau au printemps et en été tout comme une couche de glace non interrompue. La neige qui tombe sur l'eau du lac contribue immédiatement à son refroidissement, au lieu

de commencer par la protéger contre celui-ci comme la neige qui tombe sur la glace. Le Baïkal, beaucoup plus grand que le Teletzky, lui ressemble par sa profondeur, l'escarpement de ses bords et les vents très forts qui empêchent la formation d'une couche non interrompue de glace jusqu'en janvier, c'est-à-dire jusqu'à une saison où la température de l'air, jusqu'à une certaine distance du lac est de — 21° à — 28°. Nous avons donc, dans ce cas, un très grand refroidissement de l'eau par la radiation et les vents. C'est une des causes qui expliquent l'existence d'un lac du type polaire à une latitude si peu élevée et à une hauteur au-dessus du niveau de la mer à peu près égale à celle des grands lacs de la Suisse [1].

Il y a encore une remarque à faire. Le Teletzky et le Baïkal sont situés dans des climats à régime anticyclonique d'octobre à mars. Les vents devraient donc y être faibles. Pourquoi sont-ils forts? La température relativement élevée au-dessus de ces lacs, tant qu'ils ne sont pas gelés, et la température beaucoup plus basse de l'air environnant expliquent ce résultat. La densité moins grande de l'air au-dessus du lac cause une élévation des surfaces d'égale pression et un appel de l'air ambiant dans les couches inférieures. Les vents des bords du Baïkal pendant l'automne et l'hiver, ont un caractère très prononcé de *bora*, c'est-à-dire d'une rupture d'équilibre dans le sens vertical. Ces vents soufflent des vallées sur le lac et ont des directions dif-

[1] La température de l'air sur les rives du lac est beaucoup plus haute grâce à l'influence de l'eau à 0°. V. *Meteorologische Zeitschrift*, 1900, p. 28.

férentes suivant l'orientation des rives. Il en est autrement au Teletzky. Son étroitesse en comparaison de sa longueur, l'existence d'une seule vallée large, celle de son affluent principal, le Tchulychman, venant du sud, et la coïncidence de l'orientation de cette vallée et de la partie principale du lac avec la normale aux isobares de la saison froide donne des vents d'amont très forts et très prépondérants[1].

Je rappellerai que j'ai depuis longtemps appelé l'attention sur le grand refroidissement de l'eau mesuré en calories dans les climats où il se forme peu de glace[2], j'ai comparé sous ce rapport les latitudes élevées des mers profondes de l'hémisphère sud, qui sont soumises à des vents plus forts que les mers moins profondes et plus entourées de terre des latitudes septentrionales, où les glaces et les neiges qui tombent dessus protègent l'eau contre la perte de chaleur. C'est par les océans du sud, ai-je conclu, que se fait la grande perte de chaleur qui donne à la colonne d'eau des mers tropicales une température moyenne d'à peu près 4° et aux grandes profondeurs une température inférieure à 2°.

La comparaison des lacs très profonds des climats froids, lacs soumis à des vents forts et ne gelant que tardivement ou ne gelant pas entièrement, avec des lacs moins profonds où il se forme vite une couche entière de glace nous donne une juxtaposition du même

[1] On sait qu'il en est de même sur les rives NE de l'Adriatique et de la Mer Noire.

[2] Etude sur la température des eaux et les variations de la température du globe, *Arch. Sc. phys.*, 1885, et Klimæ der Erde Jena, 1887.

genre, les lacs profonds ressemblent aux océans des hautes altitudes australes et les lacs peu profonds aux mers méditerranées des hautes latitudes boréales.

Le grand refroidissement de l'eau d'octobre à janvier n'est pas la seule cause qui explique l'existence d'un lac du type polaire à une latitude de 51-55°. Une autre est la grande profondeur du lac. Les parties peu profondes des lacs favorisent l'échauffement de toute l'eau tant que la stratification est inverse, c'est-à-dire pour le Teletzky et le Ladoga jusqu'au milieu de juillet, car alors l'eau réchauffée non seulement atteint le fond, mais glisse le long des talus depuis les petites jusqu'aux grandes profondeurs. C'est la contre-partie de ce qui a été constaté par M. Forel pour le Léman en automne et en hiver.

Un lac en stratification inverse qui a de grandes étendues peu profondes s'échauffe assez vite, car l'accroissement de la température est proportionnel non à la masse des eaux, mais à leur surface qui est échauffée par les rayons du soleil.

Dans le Baïkal, la masse des eaux est très grande en comparaison de la surface, car on sait que ce lac est très profond dans presque toute son étendue, et les rayons du soleil ont relativement peu de prise sur ce lac, pour la raison ci-dessus, comme encore à cause de la grande nébulosité et des brouillards fréquents de la période estivale[1]. L'Enare, au contraire, un lac relativement peu profond, situé au delà du cercle polaire, non seulement n'appartient pas au type polaire, mais

[1] Voyez Temperatur und Bewölkung am Baikal. *Meteorologische Zeitschrift*, 1900, p. 28.

ses eaux se sont trouvées plus chaudes que les mêmes profondeurs du Ladoga en juillet et août. Nous ne connaissons que la profondeur maximum du lac, qui est de 90 m. Il est probable que la plus grande partie est beaucoup moins profonde. Il se refroidit très vite d'août en novembre, se couvre de glace dans ce dernier mois et après ce temps le refroidissement doit être très lent. La petite profondeur de la plus grande partie du lac favorise l'insolation, tandis que l'étendue considérable donne prise au vent, enfin les affluents donnent beaucoup d'eau relativement chaude. Tout cela explique l'échauffement rapide du lac à la fin du printemps et en été.

Y a-t-il de grands lacs du type polaire en outre du Baïkal? J'en doute. Il est fort probable que les lacs d'une étendue considérable qui se trouvent dans le gouvernement d'Arkhangel ressemblent à l'Enare. Reste le Canada. Il paraît que les lacs au nord de ceux du Saint-Laurent ne sont pas profonds, bien moins profonds pour la plupart que l'Enare. Ceci favoriserait une formation rapide de glace, et ainsi la protection contre le refroidissement que donne une couche de glace avec la neige qui tombe dessus et la grande surface favoriserait l'insolation au printemps et en été. Il est donc probable[1] que les lacs du Canada au N. du lac Supérieur, même le grand lac aux Ours sont du type des lacs des latitudes moyennes.

Les lacs du type polaire, autres que le Baïkal, sont petits et se trouvent dans les conditions suivantes : 1. Lacs de glaciers proprement dits, c'est-à-dire inclus

[1] Les lacs Supérieur, Michigan, Huren, Erié et Ontario.

dans la glace. 2. Lacs près de glaciers et recevant beaucoup d'eau de la fonte de la glace. Comme cet apport d'eau augmente avec l'insolation et la chute des pluies, il y a, dans ce cas, un mécanisme qui s'oppose au réchauffement de l'eau au-dessus de 4°. 3. Lacs de très hautes latitudes au voisinage des océans. On sait que dans ces pays le soleil n'apparait que pour peu de temps, en été, étant généralement caché par des nuages et des brouillards. Dans ces conditions, des lacs du type polaire existent certainement.

J'ai montré que la profondeur des lacs dans les climats froids favorise la formation du type polaire, et que les lacs peu profonds, au contraire, appartiennent au type des latitudes moyennes.

N'y aurait-il pas une relation du même genre dans les climats de la zone tempérée chaude ? c'est-à-dire que les lacs peu profonds pourraient appartenir au type des latitudes moyennes, tandis que les lacs plus profonds seraient du type tropical. Cela est plus que probable. Je crois que des lacs de très peu de profondeur pourraient se refroidir au-dessous de 4° même dans les environs de Naples, pendant un hiver très froid, surtout si l'eau est exposée à des vents forts et froids.

J'ai touché ici la question d'un changement de type dans certaines années. M. Forel m'a précédé ici, il admet que le Léman même pourrait, après une succession d'hivers froids, se trouver quelque temps un lac du type des latitudes moyennes.

A plus forte raison est-ce possible pour des lacs moins profonds, surtout avec la variabilité des éléments météorologiques d'année en année dans les latitudes polaires et subpolaires? La température de l'air est

basse en hiver dans ces régions pendant des périodes anticycloniques, c'est-à-dire des calmes avec ciel clair. Quant à l'eau des lacs, la neige et la glace la protègent suffisamment contre le rayonnement ; ce seraient plutôt des temps cycloniques avec vents forts qui contribueraient au refroidissement en retardant la congélation entière, en brisant la glace en automne et au commencement de l'hiver, et en enlevant la neige de la surface du lac quand il est entièrement gelé ensuite. Quant à l'échauffement de la période estivale, il faut considérer, hors l'insolation, l'influence de l'eau des tributaires.

Si le bassin du lac est grand en comparaison de sa surface, et si de plus le lac est peu profond, un été pluvieux pourrait contribuer bien plus à échauffer l'eau du lac qu'un été ensoleillé.

On sait que la température des rivières est généralement supérieure à la température de l'air, et celle-ci est supérieure à 10° en juillet dans toutes les latitudes boréales, hors des montagnes et des régions côtières de l'océan Arctique et de quelques mers. La combinaison la plus favorable à un accroissement rapide de la température des lacs serait celle de beaucoup de jours de soleil avec des averses[1], la moins favorable, celle qui règne sur les côtes de l'océan Arctique et des mers portant beaucoup de glace jusqu'à la fin de l'été — des nuages bas et des brouillards avec peu de pluie.

Il se pourrait bien que la succession d'un été nuageux et pauvre en pluie à une saison froide venteuse fît passer des lacs du type des latitudes moyennes au type

[1] Mers d'Okhotsk, de Behring, de Kara, baie d'Hudson.

polaire, et vice-versa une saison froide calme suivie d'un été ensoleillé et riche en pluies chaudes les ferait passer du polaire au type des latitudes moyennes[1].

Je conclus ainsi :

1. Les lacs profonds sont favorables à la formation du type polaire dans les climats froids et du type tropical dans des climats plus chauds.

2. Les lacs peu profonds sont favorables à la formation du type des latitudes moyennes.

3. A égalité de climat, on peut avoir des lacs profonds du type polaire ou tropical et des lacs peu profonds du type des latitudes moyennes.

4. A l'exception du Baïkal, il n'existe probablement pas de grands lacs du type polaire, au moins de lacs qui appartiennent constamment à ce type.

5. Les autres lacs qui appartiennent constamment au type polaire se trouvent seulement au voisinage de glaciers ou au voisinage des mers arctiques.

[1] Car nous aurions ainsi une grande insolation et un apport considérable d'eaux chaudes.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1902

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

R. GAUTIER

Directeur de l'observatoire de Genève

ET

H. DUAIME

I. *Introduction.*

Les remarques que nous pourrions faire à propos des observations météorologiques faites aux fortifications de St-Maurice se trouvent déjà presque toutes consignées dans les résumés consacrés aux observations des quatre années précédentes. Il n'a rien été changé aux quatre stations de Lavey-village, Savatan, Dailly et l'Aiguille, ni aux instruments qui y sont installés. Le service des observations est toujours confié aux sous-officiers des forts. Nous ne pouvons qu'exprimer de nouveau notre reconnaissance à M. le lieutenant-colonel Dietler et à MM. les officiers placés sous ses ordres pour la manière dont le service météorologique

a marché en 1902. Grâce à leur bonne volonté, ce service a été étendu à l'observation du *brouillard*, du *fœhn*, et des *orages*.

Si la forme de la publication des observations mensuelles a un peu changé, celle du résumé annuel reste la même. Nous avons partout calculé les résultats pour l'*année civile* comme pour l'*année météorologique*, quoique le détail des observations de décembre 1902 n'ait pas encore paru.

Les tableaux de ce résumé sont les mêmes que précédemment et ils ne portent que sur les quatre éléments météorologiques observés aux fortifications de St-Maurice : la *température*, la *pression atmosphérique*, la *nébulosité* et la *pluie* et la *neige*. Il s'y ajoute seulement cette année quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard*, à la persistance de la *neige* sur le sol, aux *orages* et aux cas de *fœhn*. A partir de l'année prochaine il y aura quelques tableaux nouveaux consacrés à l'*humidité*, des hygromètres ayant été installés au mois de décembre 1902 aux stations de Savatan et de Dailly.

Nous accompagnerons seulement les tableaux de quelques explications. Les éléments sur lesquels sont basés les chiffres moyens qu'ils contiennent se trouvent d'ailleurs pour la plupart dans les tableaux mensuels publiés antérieurement.

II. *Température*.

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° Les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, sai-

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN, 1902

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1901.	− 0.74	+ 2.02	+ 0.24	+ 0.50	+ 0.44	− 1.8	+ 3.2
Janv. 1902	− 0.37	1.85	+ 0.50	0.66	0.62	− 1.7	3.4
Février ...	− 0.77	1.61	− 0.19	0.22	0.11	− 1.8	3.1
Mars	+ 2.14	5.74	+ 4.34	4.07	4.14	+ 1.5	8.2
Avril	7.54	12.51	10.29	10.11	10.16	7.0	14.9
Mai	6.01	10.25	7.91	8.06	8.02	5.0	12.3
Juin......	11.84	17.37	14.91	14.71	14.76	10.3	19.5
Juillet	14.80	20.66	18.48	17.98	18.10	13.8	23.9
Août......	14.15	18.05	16.24	16.14	16.17	12.8	20.6
Septembre.	11.15	15.93	13.57	13.55	13.55	10.5	17.7
Octobre ...	6.26	9.55	7.68	7.83	7.79	5.6	11.3
Novembre.	+ 1.99	5.21	+ 3.53	+ 3.58	+ 3.57	+ 0.8	6.6
Décembre .	− 1.06	+ 0.75	− 0.50	− 0.27	− 0.33	− 2.3	+ 2.1
Hiver.....	− 0.62	+ 1.83	+ 0.20	+ 0.47	+ 0.40	− 1.8	+ 3.2
Printemps.	+ 5.20	9.47	7.48	7.38	7.41	+ 4.5	11.8
Eté.......	13.61	18.71	16.56	16.29	16.36	12.3	21.4
Automne..	6.46	10.22	8.25	8.31	8.30	5.6	11.9
Année mét.	+ 6.20	+10.10	+ 8.17	+ 8.16	+ 8.17	+ 5.2	+12.1
Année civ.	+ 6.17	+10.00	+ 8.10	+ 8.09	+ 8.09	+ 5.1	+12.0

II. TEMPÉRATURE. DAILLY, 1902

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1901.	− 2.37	+ 0.21	− 1.51	− 1.22	− 1.29	− 4.4	+ 1.9
Janv. 1902	− 0.51	+ 2.38	+ 0.22	+ 0.70	+ 0.58	− 3.1	2.7
Février ...	− 2.56	− 0.47	− 2.37	− 1.80	− 1.94	− 4.5	1.4
Mars	− 0.02	+ 3.27	+ 1.55	+ 1.60	+ 1.59	− 1.9	5.3
Avril.....	+ 5.73	9.11	6.85	7.23	7.14	+ 4.0	11.1
Mai	2.59	5.37	4.29	4.08	4.13	1.3	7.5
Juin......	8.81	12.30	10.99	10.70	10.77	7.2	14.3
Juillet. ..	12.60	17.02	14.75	14.79	14.78	10.7	19.2
Août.... .	11.04	14.49	13.31	12.94	13.04	9.7	17.1
Septembre	8.90	12.71	10.51	10.71	10.66	7.6	14.2
Octobre ...	3.95	7.29	4.91	5.38	5.26	+ 2.5	8.9
Novembre.	+ 0.79	3.86	+ 1.71	+ 2.12	+ 2.02	− 1.1	5.5
Décembre.	− 1 64	+ 0.24	− 1.14	− 0.84	− 0.92	− 4.5	+ 1.8
Hiver.....	− 1.79	+ 0.75	− 1.18	− 0.74	− 0.85	− 4 0	+ 2.0
Printemps	+ 2.73	5.88	+ 4.20	+ 4.27	+ 4.25	+ 1.2	7.9
Eté	10.84	14.63	13.04	12.83	12.89	9.2	16.9
Automne.	4.54	7 95	5.70	6.06	5.97	3.0	9.5
Année mét.	+ 4.11	+ 7.33	+ 5.48	+ 5.64	+ 5.60	+ 2.4	+ 9.1
Année civ.	+ 4.17	+ 7.34	+ 5.51	+ 5.67	+ 5.63	+ 2.4	+ 9.1

sons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes calculées, comme dans les publications du Bureau central météorologique suisse[1], sur deux formules différentes : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes, *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

L'*année météorologique* 1902 a eu, à Genève, une température absolument normale ; au Grand St-Bernard, elle a été trop chaude de moins d'un dixième de degré. Les températures moyennes de l'année 1902 à Savatan et à Dailly doivent donc se rapprocher beaucoup, plus encore que celles de l'année 1901, des vraies températures moyennes à ces deux stations ; et nous pouvons provisoirement conclure que la *température moyenne de l'année* a comme valeurs très probables : *8°.2* à *Savatan* et *5°.6* à *Dailly*.

L'*année civile* a presque la même température que l'année météorologique. Elle est un peu plus froide que celle-ci à Savatan, un peu plus chaude à Dailly, les deux mois de décembre 1901 et 1902 ayant présenté des températures relatives différentes aux deux stations.

Les *températures moyennes mensuelles extrêmes* sont : la plus basse, celle de février aux deux stations[2],

[1] *Annalen der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt.*

[2] Pour l'année civile c'est décembre 1902 qui a été le mois le plus froid à Savatan, ce qui porte l'amplitude à 18°.3 pour cette station.

la plus élevée celle de juillet, aux deux stations également. C'est la même chose qu'en 1901, et le froid s'est de nouveau manifesté avec plus de persistance à la fin de l'hiver. L'amplitude totale est moindre qu'en 1901 ; elle est de 18°.0 à Savatan et de 16°.7 à Dailly.

Si l'on suit la *variation annuelle* de la température d'après la température moyenne des mois, on est immédiatement frappé du fait qu'avril a été sensiblement plus chaud que mai, de 2°.1 à Savatan et de 3°.0 à Dailly. A Genève, avril a été plus chaud que la normale (de + 2°.3), mais surtout mai a été sensiblement plus froid que la moyenne (de — 3°.2). Il en a été évidemment de même aux forts de Saint-Maurice.

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. La différence de hauteur des thermomètres est de 563 m.

L'*hiver* donne une décroissance de 1°.25, soit 0°.22 pour 100 mètres, avec une décroissance minimum de 0°.04 en janvier, soit moins de 0°.01 pour 100 m. Le *printemps* accuse une diminution de température de 3°.16, soit 0°.56 pour 100 m. L'*été* fournit, entre les saisons, la décroissance la plus forte, 3°.47, soit 0°.62 pour 100 m., avec la décroissance maximum en juin, 3°.99, soit 0°.71 pour 100 m. L'*automne* donne 2°.33, soit 0°.41 pour 100 m. ; l'*année météorologique*, 2°.57 soit 0°.46 pour 100 m. et l'*année civile*, 2°.46, soit 0°.44 pour 100 m.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont indiqués dans le petit tableau suivant relevé sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

Jours d'inversion de la température.

Décembre	1901	6 jours	Juin	1902	0 jours
Janvier	1902	14 »	Juillet	»	1 »
Février	»	2 »	Août	»	0 »
Mars	»	1 »	Septembre	»	2 »
Avril	»	2 »	Octobre	»	2 »
Mai	»	0 »	Novembre	»	8 »
			Décembre	»	10 »
Année météorol.		38 jours	Année civile		42 jours

Cette anomalie s'est présentée le plus souvent en janvier, puis en décembre 1902, mais ce qui est caractéristique de l'année 1902, c'est qu'il y a eu des cas d'inversion dans 10 mois sur 13. Au reste, pour l'année météorologique, le nombre des cas est le même qu'en 1901 ; il est sensiblement plus fort pour l'année civile, 42 au lieu de 31.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leur température moyenne, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 10° à + 30° pour Savatan et de — 15° à + 25° pour Dailly. Ils indiquent en même temps, pour les différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds.

Les *tableaux V* et *VI* donnent les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux *de jours de gel et de jours de non-dégel*. Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1902.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−10° et −5	− 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25	+25° et +30		
Déc. 1901	—	13	18	—	—	—	—	—	− 3°.1 le 7	+ 4°.7 le 13
Janv. 1902	—	13	15	3	—	—	—	—	− 3.1 le 26	6.4 le 3
Février..	2	12	14	—	—	—	—	—	− 5.5 le 2	4.9 le 27
Mars....	—	—	19	11	1	—	—	—	+ 0.1 le 24	10.1 le 21
Avril....	—	—	1	14	14	1	—	—	4.1 le 29	15.0 le 15
Mai.....	—	—	8	16	3	4	—	—	2.0 le 8	19.1 le 31
Juin....	—	—	—	5	13	6	6	—	8.4 les 16 et 17	21.6 le 1
Juillet...	—	—	—	—	7	15	7	2	12.1 le 22	26.1 le 7
Août....	—	—	—	1	8	19	3	—	9.4 le 12	23.5 le 19
Sept.....	—	—	—	3	18	8	1	—	6.9 le 29	20.2 le 4
Octobre .	—	—	4	21	6	—	—	—	+ 4.4 le 26	14.3 le 9
Nov.....	—	5	13	11	1	—	—	—	− 4.1 le 21	11.6 le 6
Déc.....	4	11	15	1	—	—	—	—	− 8.2 le 5	7.1 le 18
An. mét.	2	43	92	85	71	53	17	2	− 5.5 le 2 févr. 1902	+26.1 le 7 juil.
An. civ..	6	41	89	86	71	53	17	2	− 8.2 le 5 déc. 1902	» »

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1902.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−15° et −10	−10° et − 5	− 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1901	—	—	21	9	1	—	—	—	− 4°.9 le 28	+ 5°.4 le 31
Janv. 1902	—	2	13	10	6	—	—	—	− 6.0 le 30	8.5 le 1
Février..	—	3	17	8	—	—	—	—	− 8.5 le 16	2.7 le 26
Mars....	—	—	10	18	3	—	—	—	− 2.5 le 11	6.9 le 20
Avril....	—	—	—	5	22	3	—	—	+ 1.1 le 29	12.3 le 15
Mai.....	—	—	—	17	2	6	—	—	− 2.0 le 8	14.2 le 31
Juin....	—	—	—	4	10	10	6	—	+ 3.8 le 17	17.8 le 3
Juillet...	—	—	—	—	4	13	10	4	8.0 le 22	22.9 le 14
Août....	—	—	—	—	4	18	8	1	5.4 le 12	20.0 le 19
Sept....	—	—	—	2	12	11	5	—	2.6 le 29	18.0 le 4
Octobre..	—	—	—	16	13	2	—	—	+ 0.4 le 31	12.2 le 9
Nov.....	—	2	3	16	9	—	—	—	− 7.8 le 21	9.4 le 6
Déc.....	2	2	12	14	1	—	—	—	−11.0 le 5	6.0 le 17
An. mét.	—	7	70	105	86	63	29	5	− 8.5 le 11 févr. 1902	+22.9 le 14 juillet
An. civ..	2	9	61	110	86	63	29	5	−11.0 le 5 déc. 1902	» »

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1902.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décemb. 1901.	– 5.2	le 7	+ 11.8	le 13	27	2
Janvier 1902.	– 5.0	le 16	8.8	le 5	25	2
Février......	– 7.2	le 2	9.0	le 27	20	5
Mars.........	– 1.2	le 24	16.6	le 20	8	—
Avril.......	0.0	le 8	21.4	le 15	—	—
Mai..........	– 0.2	le 7	23.4	le 28	1	—
Juin........	+ 5.2	le 16	28.6	le 2	—	—
Juillet.......	8.6	les 12 et 22	33.2	le 8	—	—
Août........	7.4	le 13	29.4	le 19	—	—
Septembre...	5.0	les 29 et 30	24.6	le 4	—	—
Octobre.....	+ 2.0	les 25 et 27	19.2	le 9	—	—
Novembre...	– 6.4	le 21	17.2	le 6	10	2
Décembre...	– 9.2	le 5	10.0	le 18	24	7
Année mét...	– 7.2	le 2 fév. 1902	+ 33.2	le 8 juillet	91	11
Année civile.	– 9.2	le 5 déc. 1902	»	»	88	16

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1902.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Décemb. 1901.	– 7.8	le 12	+ 9.4	le 31	29	10
Janvier 1902.	– 8.8	les 15, 26 et 27	11.0	les 1 et 4	24	4
Février......	–10.4	le 16	7.0	le 26	28	7
Mars.........	– 6.0	le 25	12.5	le 19	26	—
Avril.......	– 1.9	le 8	16.9	le 15	4	—
Mai..........	– 3.7	le 7	18.3	le 29	15	1
Juin.......	+ 1.0	le 16	23.3	le 28	—	—
Juillet.......	4.1	le 11	27.7	le 14	—	—
Août........	3.9	le 12	26.6	le 19	—	—
Septembre...	+ 0.5	le 29	22.3	le 3	—	—
Octobre.....	– 1.1	le 18	16.4	le 9	7	—
Novembre...	–10.6	le 21	14.0	le 6	19	5
Décembre....	–12.6	le 5	8.4	le 17	28	8
Année mét...	–10.6	le 21 nov. 02	+27.7	le 14 juillet.	152	27
Année civile.	–12.6	le 5 déc. 02	»	»	151	25

ont été relevées sur les feuilles d'observation originales et les feuilles de réduction conservées à l'observatoire de Genève.

D'après ces tableaux, l'*amplitude extrême* est de 40°.4 à Savatan et de 38°.3 à Dailly.

III. *Pression atmosphérique.*

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent d'abord, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes, prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période[1]. On ne peut naturellement, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564^m.75.

La *variation annuelle* de la pression atmosphérique ne se ressemble guère d'une année l'autre. En 1902, on constate aux deux stations deux minima presque égaux, en décembre 1901 et en février 1902, séparés par un maximum très marqué, qui est le maximum

[1] Nous avons mis entre parenthèses les chiffres des mois de janvier et février pour Dailly, parce qu'ils ne reposent pas sur l'ensemble des observations de ces deux mois, celles-ci ayant été interrompues du 26 janvier au 11 février, à cause de réparations exécutées dans le bureau de tir, où se trouve le baromètre.

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN, 1902.

Période	Pression moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.
Décembre 1901....	698.59	− 0.24	− 0.13	+ 0.37
Janvier 1902.......	707.92	+ 0.02	− 0.31	+ 0.29
Février...........	698.19	− 0.05	− 0.21	+ 0.26
Mars..............	701.77	− 0.20	− 0.10	+ 0.30
Avril.............	700.74	+ 0.14	− 0.27	+ 0.13
Mai	702.37	+ 0.04	− 0.20	+ 0.16
Juin..............	702.58	+ 0.13	− 0.27	+ 0.14
Juillet...........	705.45	+ 0.20	− 0.26	+ 0.06
Août..............	704.29	+ 0.07	− 0.20	+ 0.13
Septembre	705.20	+ 0.14	− 0.19	+ 0.05
Octobre...........	703.62	0.00	− 0.27	+ 0.27
Novembre..........	701.93	+ 0.18	− 0.31	+ 0.13
Décembre..........	705.42	+ 0.15	− 0.29	+ 0.14
Hiver	701.68	− 0.09	− 0.22	+ 0.31
Printemps	701.63	− 0.01	− 0.19	+ 0.20
Été	704.13	+ 0.13	− 0.24	+ 0.11
Automne	703.59	+ 0.11	− 0.26	+ 0.15
Année météorolog..	702.76	+ 0.04	− 0.23	+ 0.19
Année civile......	703.34	+ 0.07	− 0.24	+ 0.17

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY, 1902.

Période	Pression moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.
Décembre 1901....	651.52	− 0.25	− 0.09	+ 0.34
Janvier 1902	660.26	+(0.20)	−(0.07)	−(0.13)
Février...........	651.11	−(0.19)	+(0.08)	+(0.11)
Mars	655.11	− 0.26	+ 0.04	+ 0.22
Avril.............	655.06	− 0.15	− 0.13	+ 0.28
Mai	656.40	− 0.12	− 0.04	+ 0.16
Juin..............	657.55	− 0.12	− 0.15	+ 0.27
Juillet...........	660.68	− 0.05	− 0.12	+ 0.17
Août	659.37	− 0.03	− 0.02	+ 0.05
Septembre.........	659.73	− 0.03	− 0.08	+ 0.11
Octobre...........	657.03	− 0.08	− 0.07	+ 0.15
Novembre..........	655.01	+ 0.11	− 0.20	+ 0.09
Décembre..........	657.71	+ 0.07	− 0.27	+ 0.20
Hiver............	654.41	−(0.08)	−(0.03)	+(0.11)
Printemps.........	655.53	− 0.17	− 0.05	+ 0.22
Été	659.22	− 0.07	− 0.09	+ 0.16
Automne...... ...	657.25	0.00	− 0.12	+ 0.12
Année météorolog..	656.61	− 0.08	− 0.07	+ 0.15
Année civile.......	657.14	− 0.05	− 0.09	+ 0.14

principal de Savatan. Puis la pression croît presque régulièrement jusqu'à un deuxième maximum en juillet qui est le maximum principal de Dailly. Cela accuse d'une façon très nette l'effet de la différence d'altitude sur la pression aux deux stations : À Savatan le maximum de janvier est de $2^{mm}.5$ supérieur à celui de juillet ; à Dailly c'est celui de juillet qui est de $0^{mm}.4$ plus élevé que celui de janvier. On trouve deux petites oscillations intermédiaires fournissant des minima secondaires à peine sensibles en avril et en août, puis vient enfin un minimum secondaire plus marqué en novembre, suivi d'un dernier maximum en décembre 1902.

La différence moyenne annuelle de la pression entre les deux stations est de $46^{mm}.15$. Si l'on tient compte des valeurs moyennes annuelles : 1° de la pression, $702^{mm}.76$ et $656^{mm}.61$; 2° de la température 8°.17 et 5°.60 ; et que l'on adopte 0.75 pour la fraction de saturation moyenne aux deux stations, les tables hypso-

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1902.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1901	683.5 le 22	712.3 les 1 et 7	28.8
Janvier 1902	689.1 le 25	719.9 le 15	30.8
Février	690.5 le 9	704.9 les 21 et 22	14.4
Mars	691.6 le 21	708.4 le 17	16.8
Avril	694.4 le 27	709.4 le 21	15.0
Mai	694.5 le 19	712.7 le 25	18.2
Juin	695.8 le 9	709.3 le 23	13.5
Juillet	698.5 le 20	710.9 le 28	12.4
Août	699.3 le 29	708.4 le 22	9.1
Septembre	695.1 le 30	710.9 le 20	15.8
Octobre	696.5 le 11	711.9 le 25	15.4
Novembre	689.4 le 29	708.7 le 14	19.3
Décembre	686.6 le 30	714.9 le 24	28.3
Année météorologique	683.5 le 22 déc. 1901	719.9 le 15 janvier 1902	36.4
Année civile	686.6 le 30 déc. 1902	»	33.3

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1902.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1901	638.5 le 22	664.7 le 31	26.2
Janvier 1902..........	643.1 le 25	670.8 le 16	27.7
Février	645.0 le 9	658.1 le 21	13.1
Mars	644.8 le 21	660.9 les 14 et 17	16.1
Avril................	649.5 le 28	663.3 le 20	13.8
Mai	648.6 le 19	666.0 le 25	17.4
Juin.................	650.7 le 9	664.9 le 22	14.2
Juillet	653.4 le 21	664.7 le 5	11.3
Août	654.0 le 29	662.6 le 22	8.6
Septembre............	649.8 le 30	664.1 le 20	14.3
Octobre..............	651.0 le 1	664.1 le 25	13.1
Novembre............	644.8 le 26	661.3 le 14	16.5
Décembre............	640.5 le 30	666.6 le 24	26.1
Année météorologique..	638.5 le 22 déc. 1901	670.8 le 16 janvier 1902	32.3
Année civile..........	640.5 le 30 déc. 1902	»	30.3

métriques de Plantamour donnent, pour la différence d'altitude entre Savatan et Dailly, 559^m.8, valeur qui diffère de 5^m de celle qui résulte du nivellement.

Les *tableaux IX et X* reproduisent, pour les deux stations, les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique, relevées sur les tableaux conservés à l'observatoire de Genève et contenant toutes les valeurs de la pression mesurée trois fois par jour et réduite à zéro.

IV. *Nébulosité.*

Dans le *tableau XI*, la nébulosité ou l'*état du ciel* aux trois stations où il est observé est indiqué de deux manières différentes : 1° par le nombre des jours *clairs*, *peu nuageux*, *très nuageux* et *couverts*, ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprise entre les limites : 0.0 et 2.5, 2.5 et 5.0, 5.0 et 7.5, 7.5 et 10.0 ; 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période, ces

valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies dans les tableaux mensuels.

Le mois le moins nébuleux a été juillet aux trois stations. Les mois les plus nébuleux ont été février, mai

XI. État du Ciel, 1902.

Période.	LAVEY Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.	SAVATAN Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne	DAILLY Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.
Déc. 1901 .	8	5	7	11	5.7	8	7	8	8	5.1	7	6	6	12	5.8
Janv. 1902.	12	7	2	10	4.4	14	7	3	7	3.9	18	3	1	9	3.6
Février ...	5	4	6	13	6.5	4	5	10	9	6.0	6	1	2	19	6.8
Mars	12	3	2	14	5.3	11	6	1	13	5.1	11	5	3	12	5.2
Avril	6	8	11	5	5.2	9	7	10	4	4.6	6	7	10	7	5.3
Mai.......	5	5	5	16	6.8	4	8	8	11	6.1	3	4	10	14	6.9
Juin......	12	2	6	10	4.8	12	4	6	8	4.6	8	8	3	11	5.1
Juillet	14	7	5	5	3.4	15	5	5	6	3.7	14	6	6	5	3.4
Août.......	8	10	5	8	5.0	6	9	9	7	5.1	8	9	5	9	5.0
Septembre.	14	3	8	5	4.0	11	6	8	5	4.3	12	4	6	8	4.4
Octobre ...	4	6	9	12	6.0	2	10	5	14	6.4	5	3	9	14	6.3
Novembre.	7	7	3	13	5.9	8	5	4	13	5.6	12	6	3	9	4.6
Décembre.	7	4	5	15	6.3	4	10	4	13	5.9	8	6	5	12	5.6
Hiver.....	25	16	15	34	5.5	26	19	21	24	5.0	31	10	9	40	5.4
Printemps .	23	16	18	35	5.8	24	21	19	28	5.3	20	16	23	33	5.8
Été.......	34	19	16	23	4.4	33	18	20	21	4.5	30	23	14	25	4.5
Automne ..	25	16	20	30	5.3	21	21	17	32	5.5	29	13	18	31	5.1
Année mét.	107	67	69	122	5.2	104	79	77	105	5.0	110	62	64	129	5.2
Année civ.	106	66	67	126	5.3	100	82	73	110	5.1	111	62	63	129	5.2

et octobre, mais tandis que le plus nébuleux est mai à Lavey et à Dailly, le chiffre de la nébulosité est le plus élevé à Savatan en octobre. Au reste, si l'on compare les trois stations entre elles, on trouve de nouveau en 1902, quoiqu'à un moindre degré que précédemment, que c'est à Savatan que la nébulosité semble être la plus faible pour l'année, comme pour la majorité des mois.

Le *tableau XII* donné la statistique des *jours de brouillard* aux trois stations. Les nombres qui figurent au tableau comprennent les jours où le brouillard a été constaté pendant une partie de la journée ou pendant toute la journée. Ce dernier cas est rare ; il a été constaté seulement quatre fois à Dailly et à l'Aiguille.

Si l'on compare les stations entre elles, on trouve que le nombre des cas de brouillard est rare à Lavey au fond de la vallée et augmente avec la hauteur. Le nombre est maximum à l'Aiguille, ce qui ne doit pas étonner, vu que très souvent le sommet du territoire des forts est enveloppé de nuages.

XII. Nombre de jours de brouillard en 1902.

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1901	0	1	6	8
Janvier 1902	2	0	5	6
Février	1	3	3	12
Mars	0	2	2	11
Avril	0	2	7	10
Mai	0	0	5	12
Juin	0	0	3	7
Juillet	0	0	0	3
Août	0	2	5	5
Septembre	0	0	4	10
Octobre	0	0	4	11
Novembre	0	2	6	8
Décembre	0	6	4	13
Année météorologique	3	12	50	103
Année civile	3	17	48	108

V. *Pluie et neige.*

Le *tableau XIII* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques, hauteur d'eau tombée et nombre de jours de précipitations, d'après les tableaux mensuels.

L'année 1902 a présenté un caractère de grande humidité, plus marqué encore qu'en 1901 à Genève, moins accusé au Grand Saint-Bernard. Voici, au reste, à titre de comparaison, les chiffres constatés :

1902	Genève	Grand St-Bernard
	mm	mm
Année météorol.	1065.4 en 165 jours	1473.0 en 114 jours
Année civile	1011.7 » 163 »	1365.7 » 109 »

Si l'on néglige, pour les quatre stations de St-Mau-

XIII. Précipitations atmosphériques dans l'année 1902.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm.				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	mm.	mm.	mm.	mm.				
Déc. 1901.	73.7	68.0	67.8	53.4	11	9	11	11
Janv. 1902	49.8	52.4	53.5	63.6	7	9	9	9
Février...	97.2	92.2	90.2	63.6	12	13	12	11
Mars.....	126.6	121.9	104.1	106.2	18	18	16	17
Avril.....	62.1	61.9	74.2	77.7	16	15	13	14
Mai......	125.0	120.7	118.6	111.0	18	15	16	14
Juin......	51.6	51.0	57.6	59.2	15	15	15	15
Juillet....	120.9	136.8	145.4	115.1	13	13	14	14
Août.....	125.4	135.2	138.1	126.3	14	15	17	16
Septembre.	72.4	78.4	84.7	79.9	12	11	15	13
Octobre...	79.0	78.6	89.0	80.0	15	15	16	17
Novembre.	32.5	32.1	31.1	24.9	8	7	7	7
Décembre.	64.5	65.8	68.3	73.0	13	14	14	14
Hiver.....	220.7	212.6	211.5	180.6	30	31	32	31
Printemps.	313.7	304.5	296.9	294.9	52	48	45	45
Été......	297.9	323.0	341.1	300.6	42	43	46	45
Automne..	183.9	189.1	204.8	184.8	35	33	38	37
Année mét.	1016.2	1029.2	1054.3	960.9	159	155	161	158
Année civ.	1007.0	1027.0	1054.8	980.5	161	160	164	161

rice ainsi que pour Genève et le Grand Saint-Bernard, les jours où il est tombé moins de 1^{mm} d'eau, on trouve :

Altitude	Genève (406^{m})	Lavey (440^{m})	Savatan (671^{m})	Dailly (1244^{m})	Aiguille (1446^{m})	St-Bernard (2475^{m})
Année météorol.	129	125	125	129	127	114
Année civile	130	130	130	130	128	109

Si l'on compare ensuite les quatre stations entre elles, on trouve, comme antérieurement, que le total des précipitations augmente de Lavey à Dailly. Quant à l'Aiguille, le total est un peu inférieur, mais il l'est relativement moins depuis que le pluviomètre a été déplacé et est mieux abrité. Cependant le vent qui règne à cette hauteur, plus qu'aux altitudes inférieures, diminue forcément la quantité d'eau que l'instrument peut recueillir.

Le *tableau XIV* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations, ainsi que les nombres de jours de neige. Cette année, le total de Dailly

XIV. Neige dans l'année 1902.

	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	cm.	cm.	cm.	cm.				
Déc. 1901 .	4	22	44	36	2	5	8	10
Janv. 1902.	19	39	64	57	4	5	7	7
Février ...	43	79	122	98	5	8	11	10
Mars.......	—	19	87	84	—	4	10	12
Avril	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai	—	—	25	35	—	—	6	9
Juin......	—	—	—	1	—	—	—	1
Septembre.	—	—	1	5	—	—	1	1
Octobre ...	—	—	—	3	—	—	—	2
Novembre.	8	13	15	22	2	2	3	4
Décembre .	10	27	66	65	2	6	9	10
Année mét.	74	172	358	341	13	24	46	56
Année civ.	80	177	380	370	13	25	47	56

est un peu supérieur à celui de l'Aiguille, mais c'est à la station la plus élevée que l'on a, comme c'est naturel, constaté le plus grand nombre de jours de neige.

En 1902, comme en 1901, la neige a encore fait une apparition en juin à l'Aiguille. Elle a reparu en septembre aux deux stations supérieures et en novembre aux deux stations inférieures.

Enfin, si l'on fait le relevé du temps pendant lequel la neige a séjourné sur le sol on trouve les chiffres contenus dans le *tableau XV*.

XV. Nombre de jours ou la neige a persisté sur le sol en 1902.

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1901	9	9	31	31
Janvier 1902	7	7	16	31
Février	18	18	28	28
Mars	2	3	31	31
Avril	—	—	—	7
Mai	—	—	6	10
Juin	—	—	—	1
Octobre	—	—	1	3
Novembre	6	3	6	15
Décembre	11	6	27	29
Année météorologique	42	40	119	157
Année civile	44	37	115	155

Il en résulte que la neige a persisté sur le sol à Dailly du 26 janvier au 31 mars, et à l'Aiguille du 14 novembre 1901 au 7 avril 1902. Aux deux stations inférieures il n'y a pas eu de persistance durant un mois entier.

Le nombre des *orages* constatés aux forts de Saint-Maurice est donné dans le petit tableau suivant ; il comprend tous ceux qui ont été notés à l'une ou à l'autre des quatre stations :

Orages en 1902.

Juin	5	Août	5
Juillet	9	Septembre	3
Année (météorologique ou civile)			22

Un de ces orages a été accompagné de *grêle*, le 10 juillet, à Savatan.

Sur notre demande, les observateurs des différentes stations ont noté tous les cas de *fœhn* qui ont pu y être constatés. Pour cette année, où il n'y avait pas encore d'hygromètres aux deux stations principales, ces indications correspondent à des coups de vent violents venant du sud et accompagnés d'une hausse de la température. Il se peut qu'ils ne soient pas tous des cas de fœhn caractéristiques. Si l'on en fait le relevé d'après les « observations diverses » qui accompagnent les observations météorologiques des différents mois, on trouve les totaux suivants qui sont valables pour l'*année météorologique* et *l'année civile :*

Nombre de jours de fœhn.

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Année 1902	22	20	3	1

Le nombre est naturellement beaucoup plus grand pour les deux stations inférieures. Quand à la distribution dans l'année, on en trouve dans tous les mois à Lavey et à Savatan, avec des maxima en mai et juin, puis en octobre et novembre. Il se peut bien, comme nous le faisions remarquer plus haut, que tous ne soient pas de véritables cas de *fœhn*.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 23 avril 1903.

E. Le Grand Roy. Résolution graphique de l'équation de Kepler, d'après Radau. Sur les diamètres conjugués des coniques. — F. Béguin. Sur les transformations qui s'opèrent dans l'intestin pendant la digestion.

M. Le Grand Roy expose une méthode ingénieuse due à M. Radau, pour trouver sans calcul une solution approchée de l'*équation de Kepler* $u - e \sin u = M$, dans laquelle M désigne l'anomalie moyenne d'une planète, u son anomalie excentrique, e son excentricité. Il considère cette équation comme celle d'une droite, l'abscisse étant représentée par l'excentricité, l'ordonnée par l'anomalie moyenne, tandis que l'anomalie excentrique serait un paramètre variable. En faisant varier ce dernier angle de quantités égales, par exemple de 10° en 10°, de 0° jusqu'à 360°, il est facile de déterminer les droites correspondantes en prenant pour chacune $e = 0$ et $e = 1$, ce qui, en désignant par u l'anomalie excentrique, donne dans le premier cas $M = u$, èt dans le second $M = u - \sin u$. Une fois le graphique construit, il est aisé d'obtenir, pour des valeurs données de e et de M, la valeur approchée de u.

Sur les diamètres conjugués des coniques. M. Le Grand Roy montre que les propriétés de ces diamètres se déduisent sans difficulté, et par des transformations tout élé-

mentaires, de l'équation générale des coniques, et fait voir, par exemple, qu'on peut prouver aisément que l'aire du parallélogramme construit sur deux demi-diamètres conjugués est constante. L'équation d'une conique, rapportée à son centre, est de la forme $Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + M = 0$. Si on la rapporte à deux diamètres conjugués faisant avec l'axe des x les angles θ et θ' (correspondant aux directions conjuguées ayant pour coefficients angulaires m' et m), l'équation devient

$$\left(\frac{A + 2Bm\ Cm^2}{m^2}\right) x'^2 \sin^2 \theta + \left(\frac{A + 2Bm' + Cm'^2}{m'^2}\right) y'^2 \sin^2 \theta' + M \sin^2 \omega = 0$$

(ω désigne l'angle des anciens axes).

En faisant successivement $y' = 0$ et $x' = 0$, on a pour carrés des longueurs des demi-diamètres

$$\left\{ \begin{aligned} x'^2 &= \frac{-Mm^2 \sin^2 \omega}{(A + 2Bm + Cm^2) \sin^2 \theta} \\ y^2 &= \frac{-Mm^2 \sin^2 \omega}{(A + 2Bm' + Cm'^2) \sin^2 \theta'} \end{aligned} \right.$$

L'aire du parallélogramme qui a ces demi-diamètres pour côtés est

$$x'y \sin(\theta' - \theta) = \frac{Mmm' \sin^2 \omega \sin(\theta' - \theta)}{\sin \theta \sin \theta' (A + 2Bm + Cm^2)(A + 2Bm' + Cm'^2)}$$

On prouve aisément qu'elle est indépendante de m et de m', et par suite de θ et de θ'. En effet, si des égalités

$$\frac{\sin \theta}{\sin(\omega - \theta)} = m, \qquad \frac{\sin \theta'}{\sin(\omega - \theta')} = m'$$

on tire les expressions de $\sin \theta$, $\sin \theta'$, $\sin(-\theta'\theta)$, et qu'on les substitue dans l'expression précédente, elle devient

$$x'y' \sin(\theta' - \theta) = \frac{M \sin \omega (m' - m)}{\sqrt{(A + 2Bm + Cm^2)(A + 2Bm' + Cm'^2)}}.$$

Si en outre, on remarque que pour deux directions conjuguées, on a la relation $A + B(m + m') + Cmm' = 0$, l'expression sous le radical peut s'écrire

$$(A + 2Bm + Cm^2)(A + 2Bm' + Cm'^2) - \left[A + B(m + m') + Cmm'\right]^2,$$

ce qui, réductions faites, devient $(AC - B^2)(m' - m)^2$. L'aire du parallélogramme devient ainsi

$$\frac{M \sin \omega}{\sqrt{AC - B^2}}$$

expression indépendante de la position des axes.

Les autres propriétés se démontrent de manière analogue.

M. F. Béguin. *Sur les tranformations qui s'opèrent dans l'intestin pendant la digestion.* — Ces études ont été faites sur les muqueuses digestives du Crapaud des joncs (*Bufo calamita*) et du Lézard des murailles (*Lacerta stirpium*).

Les cellules de l'épithélium stomacal sont, comme on le sait, cylindriques ou cylindro-coniques. Leur contenu est divisé en deux portions : une portion supérieure remplie de matières muqueuses et une portion inférieure ou protoplasmique dans laquelle se trouve un noyau ovoïde. Chez l'animal à jeun, la portion supérieure ou muqueuse acquiert un très fort développement, tandis que la portion protoplasmique est relativement petite. Chez l'animal en digestion au contraire, c'est la portion protoplasmique qui prend la prédominance et la masse muqueuse devient souvent rudimentaire. Il est à remarquer en outre que les éléments épithéliaux de l'estomac sont en général plus petits chez les individus tués pendant la digestion que chez les exemplaires à jeun. On comprend, en effet, que les cellules se détruisant en grand nombre pendant la sécrétion, elles doivent être remplacées par des éléments plus jeunes, c'est-à-dire plus petits.

Dans l'épithélium de l'intestin moyen, on trouve aussi des différences importantes. On sait que, chez tous les

Vertébrés, cet épithélium est composé de cellules cylindriques, mélangées à des cellules muqueuses caliciformes. Les premières qui sont toujours en majorité, ont leur extrémité distale pourvue d'un plateau strié transversalement. Dans la muqueuse fixée et durcie pendant l'absorption des aliments, le protoplasme des éléments cylindriques s'accumule surtout immédiatement au-dessous du plateau distal, où il forme une masse de densité maximale. Dans les cellules des animaux tués pendant le jeûne, le protoplasme granuleux est à peu près régulièrement distribué partout.

En outre — caractère important — les éléments caliciformes sont plus nombreux chez les animaux inanitiés que chez ceux qui ont été soumis à une forte digestion. Il semble que, pendant le passage du chyme, les cellules muqueuses se vident pour se transformer en cellules cylindriques protoplasmiques. Pendant le jeûne, les masses muqueuses se régénéreraient et la proportion des éléments caliciformes irait en augmentant.

Ajoutons que les noyaux, eux aussi, subissent des modifications suivant l'état physiologique de l'animal. Ces modifications qui sont surtout remarquables dans l'épithélium de l'intestin moyen, montrent, une fois de plus, que le noyau joue un rôle important dans la sécrétion.

Les caractères histologiques de presque toutes les parties de la muqueuse digestive sont en rapport direct avec l'état de l'animal au moment de sa mort. C'est en partie à cela que sont dues les descriptions contradictoires qu'on rencontre trop souvent.

Séance du 8 mai.

O. Fuhrmann. Introduction en Europe d'un silure d'Amérique. L'omble-chevalier des zones profondes. — H. Spinner. Parasitisme et nouvelles espèces botaniques.

M. O. Fuhrmann, prof., parle de *l'introduction d'un silure d'Amérique, Amiurus nebulosus* (Catfish), dont il mon-

tre deux spécimens vivants. Ce poisson est très différent de notre *siluris gladis*. La valeur de ce poisson recommandant son introduction et son élevage réside dans des mœurs pacifiques, sa grande résistance, la facilité de son élevage et la délicatesse de sa chair. Les essais d'élevage de ce poisson, nouveau pour la Suisse, se font dans les étangs du Peyroou à Boudry, près Neuchâtel.

M. Fuhrmann parle de *l'omble-chevalier des zones profondes, Salvelinus salvelinus* var. *profundus* qui se pêche très fréquemment dans les filets de grands fonds du lac de Neuchâtel. Ce poisson a une longueur de 12 à 16 centimètres, jamais plus ; vivant dans les grandes profondeurs, il se nourrit d'animaux qui vivent dans la vase.

Si nous comparons la grande fréquence de ce petit poisson, qu'on pêche presque pendant toute l'année, avec la rareté de l'omble-chevalier ordinaire de 30 centimètres et plus que les pêcheurs prennent presque uniquement à l'époque de la fraie, nous sommes amenés à considérer ces deux poissons comme étant des variétés différentes.

Du reste nous trouvons des caractères extérieurs qui permettent de distinguer les deux formes. Ce qui nous frappe tout d'abord, c'est le museau tout-à-fait obtus avec une mâchoire supérieure dépassant un peu, sur tout son pourtour, la mâchoire inférieure. La bouche est donc subterminale. Les rapports de la longueur de la tête avec celle du corps sont de : 1 : 4,2-4,6 ; chez les jeunes ombles ordinaires, au maximum 1 : 3,9-4,3 (chez l'adulte de 1 : 3,35). Les yeux sont très grands, en comparaison avec la longueur de la tête, la proportion est de 1 : 3,2-3,5 tandis qu'elle est de 1 : 8 chez l'adulte et de 1 : 4,2 chez l'omble jeune. En même temps nous voyons l'œil plus rapproché de l'extrémité antérieure du museau. Les caractères principaux pour la tête sont donc la conformation du museau et des mâchoires et la grandeur de l'œil.

Sur le corps nous avons comme caractères distinctifs la position des nageoires. La nageoire anale naît non dans le milieu, mais en arrière du milieu de la dorsale et en

même temps on remarque que l'extrémité distale de cette nageoire se rapproche beaucoup plus de l'anus que chez les jeunes ombles chevaliers ordinaires. L'espace varie chez ces dernières selon Fatio entre $^3/_5$ et $^2/_3$ ou $^3/_4$ de la longueur de la nageoire ventrale, ici c'est moins que la moitié ; j'ai même des exemplaires où cette distance est de $^1/_4$ et $^1/_5$ de la longueur de la nageoire. Jamais les nageoires pectorales renversées ne sont, comme chez l'omble ordinaire, en avant du bord antérieur de l'œil, mais au contraire elles atteignent en général juste le milieu de l'œil. La coloration de l'animal est terne et sans tache. Les femelles mûres de 16 centimètres de longueur possèdent jusqu'à 150 œufs d'un diamètre de 3 millimètres.

La conclusion à laquelle nous arrivons, est que nous avons à faire à une variété, une forme particulière de l'omble-chevalier, adaptée à la vie dans les grands fonds de notre lac, variété qui n'atteint qu'une taille de 16 centimètres au maximum. Ce résultat devrait être contrôlé et précisé par un matériel frais et pêché aux différentes époques de l'année, permettant de déterminer exactement l'époque de la fraie et la taille minimale à laquelle cette omble présente des œufs mûrs.

M. H. Spinner. *Parasitisme et nouvelles espèces botaniques* — De plusieurs côtés les théories darwiniennes sont attaquées. Ce sont des botanistes qui ont porté les plus rudes coups au transformisme. Hugo de Vries a introduit une nouvelle conception de l'évolution des espèces. Selon lui les caractères nouveaux apparaissent subitement et complètement, car seulement alors ils ont de l'utilité. C'est la théorie de la mutation, expérimentée et démontrée pas de Vries sur *Oenothera Lamarkiana*.

Ceci étant adopté, il reste à trouver la cause déterminante de ces apparitions subites de nouveaux caractères, et cette cause a été cherchée dans le parasitisme.

Nous avons pour notre part examiné des exemplaires monstrueux d'*Anemone nemorosa* dont les fleurs avaient tous leurs verticilles transformées en organes foliacés par

régression. Examinant ces feuilles au microscope nous y avons trouvé d'une manière certaine le thalle d'un parasite champignon.

Nous admettons que de telles actions parasitaires peuvent fort bien se produire dans les organes de la vie végétative et que les déformations subies étant de quelque utilité deviennent héréditaires.

Séance du 22 mai.

L. Arndt. Observations météorologiques de 1902. — O. Fuhrmann. L'évolution des Ténias et en particulier de la larve des Ichtyoténias — P. Godet. Une espèce vivante du genre *Pleurotomaria.* — H. Schardt. Une rectification à la carte géologique des gorges de l'Areuse.

M. le Dr Arndt, directeur de l'Observatoire, présente les *observations météorologiques de l'année 1902* faites à l'Observatoire et donne un résumé des moyennes de cette année.

La température moyenne de l'année 1902 est de 8°,7, un peu inférieure à la moyenne générale qui est de 9°. Le minimum était de — 8°,1 et le maximum de 32°,8, ce qui donne une amplitude annuelle de 41°. La température moyenne du sol à une profondeur d'un mètre était de 10°,5 ; l'amplitude annuelle de cette température était de 8° seulement, car la température la plus basse à cette profondeur était de + 6°,6 (février) et le maximum de 14°,6 (septembre).

La moyenne de la pression atmosphérique ne diffère pas de la moyenne générale qui est de 719^{mm},6.

L'eau tombée sous forme de pluie ou de neige s'élève à 917^{mm}, chiffre qui est de 27^{mm} inférieur à la moyenne des 39 dernières années.

L'héliographe qui enregistre la durée d'insolation, nous a accusé la visibilité du soleil en 1902 pendant 1350 heures 30 minutes.

Aux mois de novembre et de décembre, on a noté 17 jours de brouillard pendant lesquels les montagnes jouissaient d'un temps radieux.

Le maximum de pluie est tombé au mois d'août, savoir 161 mm, tandis que le mois de juin, qui est en général le mois le plus pluvieux, était très sec en 1902.

Les vents dominants sont la bise et le vent du sud-ouest qui ont à peu près le même chiffre de fréquence. La bise prédominait de beaucoup aux mois de février et de novembre, par contre, les mois de mars, de mai et de décembre étaient sous le régime du vent du sud-ouest.

Le maximum de la fréquence du joran eut lieu aux mois de juillet et d'août.

Quant au nombre des orages qui ont éclaté dans notre contrée, on en a noté 14 parmi lesquels l'orage du 2 août fut le plus violent et a donné 60mm de pluie.

M. O. Fuhrmann, prof., parle de *l'évolution des Ténias et en particulier de la larve des Ichtyoténias.*

C'est chez les Ténias des poissons téléostéens d'eau douce que nous trouvons la larve de Ténia la plus primitive et la plus simple.

Chez tous les Ténias, en particulier ceux des vertébrés supérieurs, les larves possèdent des organes appendiculaires, vésicules ou queues de formes et de tailles très variées (Cysticerque, Cysticercoïde, Echinocoque, etc.) Même les Ténias des poissons les plus anciens, les sélaciens, possèdent une larve qui, en arrière du cou, montre un renflement, plein, il est vrai, portant dans certains cas, un petit appendice caudal. Les ténias adultes de ces larves sont certainement les plus primitifs au point de vue anatomique ; mais la morphologie de leur scolex est très variée et souvent fort complexe, ce qui nous montre qu'ils sont encore bien loin de la base de l'arbre généalogique du grand groupe des cestodes à quatre ventouses.

Bien plus simples comme structure du scolex et tout aussi primitifs comme anatomie, sont les Ichtyoténias (Protenocephalus) des Téléostées d'eau douce. Leur anatomie et leur morphologie sont d'une grande uniformité. La même espèce peut habiter des poissons fort différents. Ces caractères sont en opposition avec ce que nous

trouvons chez les cestodes des animaux supérieurs. Tout cela nous semble indiquer que nous avons, dans ce genre, à faire à un groupe fort primitif. La structure de la larve que nous avons trouvée plusieurs fois ne contredit point cette idée.

Etant donné que beaucoup de Téléostéens habités par des Proteocéphalus sont des poissons ne se nourrissant que d'invertébrés aquatiques, c'est dans des vers, crustacés ou mollusques qu'il faut chercher la larve de nos Ichtyotérias *(P. ocellata, P. longicollis, P. filicollis, P. torulosa).*

Les larves trouvées dans le foie de Salmonides et de Percides, par *Linstow, von Siebold* et *Zschokke*, doivent être certainement considérées comme des larves égarées, s'étant trompées d'hôtes et ayant pris alors un aspect particulier.

J'ai trouvé dans le parenchyme de *Planaria lactea* une larve libre qui est sans doute celle d'un Proteocephalus (Ichtyotænia). Mais cette larve doit également habiter d'autres animaux.

Nous avons, l'hiver passé, élevé de jeunes palées en les nourrissant exclusivement avec le plankton du lac. Je constatai alors que quelques-unes montraient un filament blanc qui leur pendait par l'anus. Etudiés de près, ces filaments se trouvèrent être des Ichtyotænia. Les larves de ces Cestodes doivent donc habiter fort probablement l'une ou l'autre espèce de copépodes pélagiques du plankton.

La structure de cette larve est fort primitive, ce n'est au fond qu'une oncosphère légèrement grossie, possédant, au pôle opposé à la couronne de crochets embryonnaires, quatre petites ventouses. L'animal a une longueur d'un quart à un tiers de millimètre et une largeur de 0,06^{mm}. La larve ne possède pas trace d'organe sexuel; une fois passée d'une manière passive dans l'hôte définitif elle n'a qu'à croître, formant ainsi la strobila sans avoir rejeté une partie de l'organisme embryonnaire, comme cela se fait chez les autres larves des Ténias. C'est donc une larve

plérocercoïde semblable à celle des Botheriocephalides.

Nous avons trouvé ce printemps dans le tube digestif de bondelles et de palées, en très grande quantité, de jeunes larves de Proteocephalus qui venaient d'être mangées ; à côté d'elles, de très jeunes Ténias de la même espèce.

L'organisation simple et primitive de la larve et de l'animal sexué, leur indifférence vis-à-vis de l'hôte intermédiaire et l'hôte définitif, qui peuvent appartenir à des espèces très différentes, nous font croire que nous avons affaire à des Cestodes primitifs. Cela d'autant plus que ce sont non seulement nos téléostéens, poissons d'un âge géologique peu considérable, mais aussi les Sélaciens, qui peuvent héberger des Ténias de ce genre et qui sont connus sous le nom de *Norvegicus Tetrabothrius*, de *Spinax niger*.

M. P. Godet fait voir à la Société une coquille très rare encore et qu'il vient d'acquérir pour le musée d'histoire naturelle, grâce à la générosité de M. Prince-Junod, à Neuchâtel. C'est une des espèces vivantes du genre *Pleurotomaria*, genre dont jusqu'il y a quelques années on ne connaissait que des espèces fossiles, le *Pleurotomaria Beyrichi* Hilg., pêché dans les profondeurs de la mer du Japon. L'exemplaire est complet, très bien conservé surtout au point de vue de la couleur. Il a été acquis de MM. Sowerby et Fulton, naturalistes à Londres.

M. H. Schardt donne quelques détails sur une dislocation vraiment étrange qu'il a pu constater avec M. Auguste Dubois entre le Furcil et Brot-dessous et qui, insoupçonnée jusqu'ici, a nécessité une rectification à la carte géologique récemment publiée par eux (*Eclogæ geol. helv.*, T. VII, n° 5).

Il s'agit d'un pli-faille dans le sens d'un chevauchement ayant poussé le flanc SE de l'anticlinal de la chaîne de Solmont-La Tourne contre l'anticlinal lui-même, par suite d'une rupture sur le milieu de ce flanc. Cet accident débute près du Furcil par un chevauchement du calcaire

roux et de la grande Oolite sur les marnes du Furcil, accident bien visible, mais qui ne paraissait pas avoir une grande envergure. Mais l'exploration des travaux souterrains pour l'extraction de la pierre à ciment, a prouvé que dans la direction de Brot-dessous, les couches du Furcil sont nettement recouvertes par la grande Oolite. Or il est possible même de s'assurer que cette plaque de grande Oolithe s'élève de plus en plus dans cette direction et forme au NE du village de Brot-dessous un coteau boisé appelé Chante Merle. Elle recouvre ici visiblement, appliqués contre leur tranche, non seulement les marnes du Furcil, mais encore la dalle nacrée, le Sponjitien, l'Argovien réduit, et arrive à proximité du Séquanien. Le rejet est de plusieurs centaines de mètres. Le mécanisme de ce contact anormal paraît être moins un chevauchement actif du flanc recouvrant que plutôt un affaissement de l'anticlinal, sous lequel, pendant le surgissement de celui-ci, il y avait tendance à la formation d'une cavité.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 22 avril 1903.

L. Maillard. Formule barométrique de Laplace. — Dr Bugnion. Cas de miméthisme. — Dr Pelet. Tirage des cheminées. — Dr S. Aubert. La bruyère en sol calcaire. — Dr H. Dufour. Colorations crépusculaires et aurorales.

M. Maillard étudie la *formule barométrique de Laplace*. La formule de Halley

$$(\mathrm{I}) \qquad Z = C \log \frac{h_1}{h_2} \qquad (\text{où } C = 18{,}4)$$

donne en kilomètres la différence d'altitude de deux lieux, connaissant les hauteurs barométriques h_1 et h_2. Dans la formule de Laplace,

$$(\mathrm{II}) \qquad Z = 18{,}336\,(1 + \alpha\tau) \log \frac{h_1}{h_2} \qquad (\text{où } \alpha = 0{,}004).$$

τ est la moyenne des températures τ_1 et τ_2 des stations. Résolues par rapport à $\log h_2$, ces formules permettent de calculer la pression barométrique à la station supérieure connaissant h_1, Z, τ_1 et τ_2. Or, en faisant $h_1 = 760^{mm}$, $\tau_1 = 0°$, et donnant à τ_2 les valeurs des températures fournies par les ascensions des ballons sondes, on trouve que pour $Z > 5$ km. le facteur, $1 + \alpha\tau$ modifie le terme principal de (II) tellement que cette formule ne peut plus être appliquée avec sécurité. A cause de ce facteur, les valeurs

des pressions sont beaucoup trop faibles en regard de la hauteur de l'atmosphère; les valeurs tirées de (I) paraissent elles-mêmes insuffisantes.

D'autres faits tendent à montrer que la formule (II) est moins exacte que (I) à mesure que la température s'abaisse. Ainsi, en analysant les résultats de l'ascension d'un ballon-sonde lancé à Trappes, on constate, entre les altitudes calculées et les altitudes obtenues par visées directes, des différences qui, jusqu'à 8 km, conservent un caractère accidentel, pour progresser systématiquement ensuite et atteindre 1128 m. sur 13500 m. Soient Z les altitudes observées, Z_1, Z_2, Z_3 les altitudes calculées par (I), (II) et par

(III) $$Z = 18{,}588 \log \frac{h_1}{h_2} ;$$

$$\Delta_1 = Z - Z_1, \qquad \Delta_2 = Z - Z_2, \qquad \Delta_3 = Z - Z_3.$$

On trouve

Δ_1 : somme des écarts 8447 m. ; moyenne des écarts 402 m. 2 ;

Δ_2 : somme des écarts 1660 m. ; moyenne des écarts 79 m. ;

Δ_3 : somme des écarts 9 m. ; moyenne des écarts 0 m. 4.

Si l'on compare seulement les valeurs correspondant à $Z > 8$ km. 5, on a pour

Δ_1 : somme des écarts 7678 m. ; moyenne des écarts 853 m. ;

Δ_2 : somme des écarts 1052 m. ; moyenne des écarts 117 m.

Δ_3 : somme des écarts 31 m. ; moyenne des écarts 3 m. 4.

(III) donne incontestablement les meilleures estimations.

On sait que MM. Berthelot, Paulsen, Sykera, ont signalé la remarquable coïncidence des lignes dans les spectres de l'aurore boréale et du crypton. M. Ramsay a établi que la ligne verte du crypton reste visible sous une pression $h_2 = 0^{mm},000035$. Les formules donnent

(I) $Z = 135$ km ;

(II) $Z = 107, \quad 94, \quad 67$ km,

suivant que $\tau_2 = -100°, -150°, -250°$. La première de ces valeurs est déjà trop faible; toutefois elle correspond « assez bien » aux observations. Pour obtenir $Z = 200$ km, il faudrait prendre $C = 27{,}3$.

Il serait fort utile que l'ingénieuse méthode de M. Ramsay fût étendue à d'autres gaz de l'atmosphère ; cette étude fournirait des indications importantes sur les pressions à de grandes hauteurs, et permettrait de contrôler les formules barométriques.

Dans l'exposé de Laplace, le facteur $1 + \alpha\tau$ est introduit par un procédé empirique; τ n'est pas considéré comme fonction de Z, mais comme une constante égalée à $\frac{\tau_1 + \tau_2}{2}$. La formule est basée sur l'hypothèse d'un équilibre statique de l'atmosphère; or, l'équation d'équilibre

$$\frac{dp}{p} = - \frac{K g R^2}{1 + \alpha\tau} \cdot \frac{dz}{(R + z)^2}$$

exige que pour $z = a$ on ait, *quel que soit* τ, une pression constante. Laplace suppose expressément que « les intégrales ne s'étendent qu'à un intervalle peu considérable relativement à la hauteur entière de l'atmosphère » ; cette réserve faite, il considère *un volume d'air invariable* à zéro de température, et il admet que *chaque degré d'accroissement dans sa température accroît également sa force élastique ou sa pression*. Mais si la masse de l'atmosphère est invariable (à très peu près), en est-il de même de son volume? Puis la théorie qui convient au régime des gaz parfaits *en vases clos*, a-t-on le droit de l'appliquer sans autre à l'atmosphère entière? Si oui, la hauteur barométrique varierait systématiquement dans le même sens que les températures locales, ce qui est contraire aux observations météorologiques.

En résumé, la formule (I) donnera des valeurs suffisamment exactes, à la condition que h_1 et h_2 représentent des moyennes de pressions normales pour les deux lieux considérés. Certains indices donnent à penser que dans la

haute atmosphère les pressions sont sensiblement *plus fortes* qui si la température était uniforme. Pour fixer ce point important, il serait bien à désirer que. lors des ascensions de ballons-sondes, les mesures barométriques fussent, autant que possible, accompagnées de mesures trigonomètriques. La comparaison permettra de calculer, dans chaque cas particulier la valeur de C ; si C doit être considéré comme un paramètre variable avec τ, la formule deviendra

$$Z = c\,(1 - \beta\tau) \log \frac{h_1}{h_2},$$

c et β étant deux constantes à déterminer par des séries d'observations.

Le prof. E. Bugnion présente une photographie se rapportant *à un cas intéressant de miméthisme.*

Il s'agit de la *Blepharis mendica* Fab. (Orthopthère, fam. des Mantides), observée à Biskra en Algérie, sur la *Thymelia microphylla* (Passerina), le 15 janvier 1903. Un deuxième exemplaire a été trouvé sur la même plante au mois de février.

La Thymelia qui a de petites feuilles charnues en forme d'écailles, offre, quand elle commence à se dessécher, un mélange de parties vertes et de parties blanches ; il y a un piqueté blanchâtre au milieu du vert. Les fleurs, jaunâtres, minuscules, sont déjà tombées à ce moment-là.

La Blepharis est exactement du même vert, avec de petites taches blanches ; sa coloration est donc exactement semblable. L'insecte porte en outre sur les bords de l'abdomen ainsi que sur les cuisses médianes et postérieures, des expansions foliacées qui rappellent exactement les petites feuilles de la Thymelia. Enfin, la forme générale et l'attitude de cette Mante ressemblent si parfaitement aux rameaux de Thymelia à demi-desséchés, que, lorsque l'insecte est posé sur celle-ci, une personne non prévenue a beaucoup de peine à le découvrir.

Et pourtant l'individu observé, bien qu'encore à l'état de

larve, ne mesurait pas moins de 4 ½ cent. de longueur sans compter les pattes.

Le miméthisme entre l'insecte et la plante étant ainsi bien établi et avéré, on peut admettre que la Blepharis est *adaptée* à la Thymelia microphylla au point de vue de la forme et de la couleur, et que, guidée par son instinct, elle se pose sur cette plante à l'exclusion de toutes les autres. C'est là, en effet, que dérobée aux regards de ses ennemis, la Blepharis peut en toute sécurité attendre, pendant de longues heures, les mouches, papillons, etc., dont elle fait sa proie.

M. Bugnion doit la détermination de cette Mante à M. Henri de Saussure, de Genève, et celle du buisson qu'elle affectionne à Lord Watsingham, botaniste anglais, qui séjournait à Biskra à la même époque.

M. le Dr L. Pelet, entretient la Société de ses recherches sur le *tirage des cheminées.*

M. Sam. Aubert signale à la vallée de Joux, une prairie présentant une intéressante *association d'espèces réputées calcifuges et calcicoles.* A la Bruyère (Calluna vulgaris) qui est l'espèce prépondérante, se joignent : Succisa pratensis, Vaccinum uliginosum, Trollius europæus, puis : Alchimilla alpina, Rubus saxatilis, Sanguisorba dictyocarpa, etc.

Le sol, une terre jaune-brune presque glaiseuse, de 50 cm de profondeur, contient 83,2 % de silice libre à l'état cristallin, 0,113 % de carbonate de chaux ; le sous-sol, formé d'un cailloutis marneux et de roches désagrégées, renferme 29 % de cette même substance dans la terre fine. La roche compacte sous-jacente est un calcaire très siliceux.

La bruyère, qui apparaît en de très nombreux pieds fleurissant et fructifiant de façon absolument normale, est une espèce réputée calcifuge par presque tous les auteurs. La prairie étudiée nous montre cette plante croissant dans un sol qui contient une notable proportion de calcaire et.

ce qui plus est, dans la compagnie d'espèces qui, à la vallée de Joux, tout au moins, sont fidèles aux terres très calcaires, sèches et exposées au soleil.

La végétation de cette prairie ne s'explique ni par l'influence physique ni par l'influence chimique du terrain. Elle nous fait voir que les théories générales ne se vérifient pas dans leur application à des surfaces restreintes. Cette végétation est, sans aucun doute, la résultante des divers facteurs qui ont leur origine dans la station, mais nous nous trouvons dans l'impossibilité de l'expliquer par l'influence prépondérante des uns ou des autres, ou de déterminer la part afférente à chacun.

M. Henri Dufour donne les renseignements suivants au sujet des *colorations crépusculaires et aurorales* de l'hiver que nous venons de traverser.

Ces lueurs crépusculaires, toujours intenses en hiver, ont eu, certains jours, un éclat particulier ; les observations faites au Säntis, à Zurich, à Berne, à Lausanne, à Morges, au Puy-de-Dôme et à Clermont-Ferrand, permettent de fixer comme journées exceptionnelles par l'intensité des colorations observées soit le soir, soit le matin, les dates suivantes :

Le 29 octobre : Lausanne, Morges, Puy-de-Dôme.

Du 11 au 17 novembre : Säntis, Lausanne, Morges 12-14, Puy-de-Dôme 13 (aurore).

Du 22 au 24 décembre : Lausanne, Zurich, Berne.

Du 6 au 8 janvier : Lausanne, Zurich.

Du 21 au 31 janvier : Puy-de-Dôme, 25-26 ; Zurich, 26-27 ; Berne, 27 ; Lausanne, 27.

Du 3 au 6 février : Puy-de-Dôme, 5 et 6 ; Zurich, 3, 4, 5 ; Lausanne, 3, 4, 5.

Le 11 février : Puy-de-Dôme, Zurich, Lausanne.

Les observations du Puy-de-Dôme et de Clermont ont été faites par MM. B. Brunhes, professeur de physique à Clermont, et David, observateur au Puy-de-Dôme ; celles de Zurich, par MM. J. Maurer, directeur adjoint au bureau central de météorologie, et Bommer, au Säntis ; celles de

Berne, par M. Gruner ; celles de Morges, par M. F.-A. Forel ; celles de Lausanne par M. Dufour.

Il est intéressant d'examiner la situation météorologique générale de l'Europe occidentale pendant la période des lueurs crépusculaires et aurorales.

Le caractère commun de toutes ces journées à belles colorations, est qu'un régime de hautes pressions régnait sur le centre et sur l'ouest de l'Europe, accompagnées d'une variation thermique assez rapide des Alpes à la mer.

En étudiant les cartes synoptiques des journées particulièrement caractéristiques, on trouve les résultats suivants[1] :

1° Le *29 octobre :* Hautes pressions sur l'Europe centrale, centre 771 sur Neufahrwasser, Lausanne 762, Iles-Britanniques et ouest de la France 760, vent variable, ciel clair à l'ouest. Si l'on étudie la variation de température de l'est à l'ouest, on trouve Lausanne, Berne, Bâle 5°, Clermont 4°, Rochefort 10°. Si nous désignons par *gradient thermométrique* la variation de la température pour 1° d'arc de méridien, c'est-à-dire 111 km, on trouve que la distance Clermont-Rochefort jusqu'à 18 km en mer étant de 333 km, et la chute de température de 6°, le gradient thermométrique est de 2°. La température au large du golfe de Gascogne atteignait, à la longitude des îles Scilly, 13°. Le lendemain, 30 octobre, un brouillard général occupait les côtes et la température avait baissé à Rochefort à 5°. Les pressions élevées s'établissaient à l'ouest.

2° Le *13 novembre* : Lueur aurorale très vive au Puy-de-Dôme, vue du Mont-Blanc, puis brouillard dès 7 h. 30. Au Säntis, coloration dès 4 h. 35 du soir, maximum de la couleur pourpre de 5 h. 20 à 5 h. 30, disparait à 6 h. 20. Pression 770 à Genève et Lausanne, centre de hautes pressions sur Bamberg 775. Le gradient thermométrique entre Clermont (5°) et Rochefort (10°), est 1°,7.

Les *22 et 23 décembre* : A Zurich coloration exception-

[1] Consulter en outre les observations de MM. Forel et Mercanton. *Comptes rendus Soc. vaud. Sc. nat.*, 5 novembre 1902.

nelle, commence à 4 h. 55 (coucher du soleil à 4 h. 39), accroissement rapide de la teinte rose jusqu'à 5 h. 10, maximum de la première teinte pourpre à 5 h. 14, disparition à 5 h. 20; à 5 h. 36 commence la seconde coloration qui dure jusqu'à 6 h., éclairant vivement les murs et la surface du lac. (M. Maurer.)

Au Puy-de-Dôme, brouillard, givre tout le jour. A Berne maximum entre 5 h. 10 et 5 h. 15, disparition à 5 h. 20 (M. Gruner); l'observateur ne signale pas de seconde coloration.

Les hautes pressions s'étendent surtout sur l'ouest de l'Europe. Paris 774, îles Scilly 774. La température varie de 5° à Genève à 7° à Clermont et à 9° à Rochefort; le gradient thermique est de 0°,8 de Genève à Rochefort; la température baisse rapidement à l'est, elle est de 1° à Berne et 2° à Zurich. Le 23 décembre au matin, le régime des hautes pressions est semblable à celui des 13 novembre et 29 octobre, le gradient est de 1° entre Clermont et Rochefort, les températures ont baissé à l'ouest sur la terre ferme, tandis qu'au large sur le golfe de Gascogne, la température est de + 5°.

4° Les *25, 26 et 27 janvier :* Les hautes pressions règnent sur les Alpes et sur la France, Berne 778, Brest 770, vents forts d'ouest et sud-ouest sur les Iles-Britanniques, la température est — 3° à Genève, — 1° à Clermont, + 5° à Rochefort et 10° au large, le gradient thermique Clermont-Rochefort est 2° et Genève-Rochefort 1°,1.

Les 26 et 27 janvier, à Zurich, la première coloration a son maximum à 5 h. 45 et disparaît à 5 h. 56; le 27, la seconde coloration apparaît à 6 h. 15 et disparaît à 6 h. 30; ce soir là, des teintes violettes particulièrement intenses se sont étendues du sud-ouest au nord et même à l'est. Mêmes observations à Berne; au Puy-de-Dôme à 6 h., vives lueurs crépusculaires, le 28, lueur aurorale depuis 6 h. m.; le 27, le Mont-Blanc était visible du Puy-de-Dôme toute la journée.

Le *5 février :* Le centre de pression est sur les Alpes, ainsi qu'une zone de froid, Zurich — 5°, Lausanne — 4°,

Clermont — 4°, Rochefort + 3°, le gradient thermométrique est de 2°,3 entre Clermont et Rochefort. Les colorations observées à Zurich et à Berne sont belles; elles sont très vives au Puy-de-Dôme où elles durent jusqu'à 6 h. 30 (heure de Paris), le lendemain, lueur aurorale vive.

6° Le *11 février* : Coloration particulièrement intense à Zurich, centre de hautes pressions comme le 5 sur les Alpes 780. Zurich + 1°, Genève + 2°. Courant du SW sur l'Angleterre; le 12 février au matin Zurich — 3°, Genève — 2°, Clermont — 3°, Rochefort + 4°, gradient thermométrique 2°,3 comme le 5.

Aucun des observateurs n'a signalé cette année, comme en 1883, le cercle de Bishop; on a remarqué par les belles journées du printemps, que le soleil était ordinairement entouré d'un voile blanchâtre et que rarement le ciel a présenté les intensités de bleu qu'on observe ordinairement en mars et avril.

Si l'on tient compte de l'ensemble des faits observés, accroissement de l'absorption des radiations solaires et colorations exceptionnelles, on ne peut s'empêcher de supposer que des poussières cosmiques du volcan des Antilles entraînées dans l'atmosphère par les grands courants du SW au NE ont joué un rôle en facilitant la condensation partielle et incomplète de la vapeur d'eau venant des régions chaudes de l'Atlantique et pénétrant dans les zones froides et à hautes pressions qui ont souvent régné sur l'Europe pendant cet hiver.

M. le Dr J. Amann expose la première partie d'un travail sur la *formation des corps aromatiques dans l'organisme.* Cette communication fait partie d'une monographie qui sera publiée *in extenso.*

Séance du 6 mai.

F.-A. Forel. Pluie de chenilles. — L. Maillard. Constitution physique de l'atmosphère.

M. F.-A. Forel. En analogie avec la soi-disant *pluie de chenilles* observée à la Sagne le 2 mars de cette année, et

décrite dans la séance du 18 mars par M. le Dr H. Fæs, comme étant due à la sortie du sol de larves de téléphores, M. le Dr Samuel Aubert, du Solliat, vallée de Joux, a recueilli dans la matinée du 31 mars des larves apparaissant sur la neige. Derrière-la-Côte, près du Sentier. Leur nombre était considérable, jusqu'à 15 ou 20 par pied carré dans les parties où cette *pluie de chenilles* avait été la plus serrée. Sur une longueur du pays de *2 km.* environ; dans une région où le sol est formé de tourbières.

D'après une détermination de M. le prof. Dr Ed. Bugnion, ces larves appartiennent probablement à la *Ragonycha fulva*, de la tribu des Téléphorides. Elles vivent dans la mousse; elles sont sorties cette année plus tôt que de coutume par suite de la douceur extraordinaire des mois de février et de mars, et elles auront cherché à traverser la neige tombée le 30 mars pour aller chasser les pucerons et autres menus insectes dont elles font leur nourriture.

M. L. Maillard parle de la *constitution physique de l'atmosphère.*

Le fait capital mis en évidence par les ascensions des ballons-sonde, est un énorme décroissement de la température à des altitudes relativement faibles. La valeur du gradient thermique atteint (dès 8-12 km.) celle qui mesure le refroidissement par détente adiabatique, soit — 0°.98 ou — 1° pour 100 m. Avec une diminution continue, le « zéro absolu » serait atteint à 38 km. Il est dès lors indiqué de supposer que le décroissement d'abord rapide, se ralentit quand la température du milieu se rapproche de — 273°. La formule

$$\rho = \frac{273\,p}{760\,T} \tag{I}$$

(ρ densité de l'air ; p pression en millimètres ; T température absolue) est visiblement insuffisante quand p et T sont simultanément voisins de zéro. A une altitude z, on a $T = \varphi(z)$; d'autre part, $p = f(T) = \psi(z)$, et l'on peut construire des fonctions φ et ψ de manière à satisfaire aux

données du problème. Mais avant d'établir la formule qui convient au régime de l'atmosphère, il faudra connaître les variations que subit, à de grandes hauteurs, la constitution physique de l'air. A ce point de vue, outre les expéditions des ballons-sondes, certaines expériences de laboratoire paraissent nécessaires ; on y étudierait l'état des gaz, de l'air en particulier, lorsque la pression diminue avec la température.

Ces réserves faites, en considérant (I) comme une première approximation, on trouve que, grâce au refroidissement, la densité de l'air n'est nullement négligeable jusqu'à 80 km ($\rho = 0,1$). Les calculs indiquent même que, après avoir diminué jusqu'à 30-50 km, la densité augmenterait jusque vers 75 km ($\rho = 0,21$). L'air des strates plus denses tendrait à descendre et à se dilater, l'air des strates sous-jacentes à s'élever et à se condenser, et ces mouvements produiraient des courants verticaux ou des tourbillons. Par delà, la détente se continue et la densité décroît régulièrement. En somme, la variation de ρ en fonction de z serait représentée par une courbe assez analogue à celles proposées par MM. Sarrau et Van der Waals (relations entre la pression et le volume dans les gaz réels).

Les faits suivants semblent être d'accord avec les résultats du calcul.

L'altitude qui correspond à la plus forte inversion de ρ n'est pas quelconque. C'est celle qu'on obtient en calculant la hauteur de l'atmosphère d'après la durée du crépuscule, alors que l'on devrait trouver un nombre au moins quatre ou cinq fois plus grand. A quoi tient cette différence ? On pourrait penser que les rayons lumineux, traversant ($z > 80$ km) la région isotherme de l'atmosphère, y sont peu réfléchis et que les rayons réfléchis sont, pour la plus grande part, absorbés par les couches inférieures relativement beaucoup plus denses.

Les lueurs crépusculaires de 1883 (éruption du Krakatoa) durèrent plus d'une année ; Charles Dufour et Helmholtz, calculant la hauteur extrême des particules projetées dans l'atmosphère, trouvèrent 70-74 km et 65 km. Il

est difficile de comprendre que ces particules aient pu se maintenir dans un milieu très rare ; une densité plus forte et les doubles courants verticaux expliquent le phénomène et sa durée.

Lord Ramsay a signalé la présence du crypton dans l'atmosphère, à plus de 100 km ; quelle que soit la cause de l'existence de ce gaz lourd à de telles hauteurs, il n'y saurait demeurer si la densité de l'air n'y conservait des valeurs appréciables.

Les étoiles filantes apparaissent entre 110 et 150 km, parfois au-delà de 200 km, pour disparaître à une hauteur moyenne de 80 km. Aux points d'apparition, l'air doit être encore suffisamment dense pour que le frottement porte les météores à l'état d'incandescence. Quant à la disparition, on pourrait croire que le frottement contre des couches d'air agitées et relativement denses active en ces régions la combustion des étoiles filantes.

La théorie chimique de la couleur de l'air suppose des densités assez fortes sur une grande épaisseur, et la théorie optique ne peut guère expliquer, dans l'hypothèse d'un équilibre statique de la haute atmosphère, la présence permanente de particules, même extrêmement petites $< \frac{35}{100000}$ de millimètres, lord Raleigh.

Si l'état de l'atmosphère se rapproche de celui qui résulte des calculs, la théorie des réfractions astronomiques subira quelques modifications ; la trajectoire d'un rayon lumineux présenterait une partie sensiblement rectiligne ou même concave vers le zénith. Nous nous réservons de revenir sur ce point.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

V. AGAFONOFF. — SUR L'ABSORPTION DE LA LUMIÈRE PAR LES CRISTAUX ET SUR LE POLYCHROISME DANS LA PARTIE ULTRA-VIOLETTE DU SPECTRE. *Mémoires de la Société minéralogique de Saint-Pétersbourg*, t. 39, 1902.

M. Agafonoff donne dans ce mémoire (publié en russe et suivi d'un résumé en français) l'exposé complet de ses recherches, faites en partie au laboratoire de physique de l'Université de Genève, recherches dont les premiers résultats ont été insérés dans les *Archives*, 1896, t. II, p. 349, et ont fait l'objet de deux notes dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences de Paris, 1896, t. 123, p. 490; 1897, t. 125, p. 87.

Dans sa première publication, l'auteur avait signalé une inversion remarquable entre les spectres ordinaire et extraordinaire dans la tourmaline, le premier étant absorbé dans sa partie visible et transmis en partie dans l'ultraviolet, tandis que l'inverse a lieu pour le second. L'acide hémimellitique avait présenté la même particularité. Bientôt après l'impression de son travail, M. Agafonoff a remarqué que l'inversion du spectre d'absorption n'a pas lieu en réalité, et ne s'est produite sur ses clichés que par suite d'une disposition défavorable de l'appareil. Pour l'étude de la partie très réfrangible du spectre, le spectroscope portait en effet une lentille achromatique de quartz et spath-fluor, placée entre le cristal absorbant et le prisme de Rochon analyseur.

On sait que dans la méthode de Broch on fait passer le rayon au travers d'un polariseur, d'un corps actif et d'un analyseur, puis d'un prisme donnant un spectre. Dans ce spectre se produisent des bandes d'extinction formées de régions alternativement claires et obscures qui se changent les unes dans les autres lorsqu'on tourne de 90° le polariseur ou l'analyseur. On peut remplacer l'analyseur par un prisme de Rochon qui agit comme deux analyseurs juxtaposés à 90°, et qui donne deux spectres dans lesquels les régions claires et sombres sont par conséquent alternées. Or, dans l'appareil de M. Agafonoff, il y avait ledit prisme de Rochon et une lentille de quartz, non compensée pour la rotation, jouant le rôle de corps actif. Pour que les franges alternées se produisent, il suffit que la lumière incidente soit polarisée, et c'est ce qui a lieu si le cristal placé devant la lentille est polychroïque. Ainsi une lame de tourmaline parallèle à l'axe absorbe un des rayons et agit comme un polariseur. Ce fait ne se présente pas lorsque la lame est simplement absorbante, également pour les deux rayons : il n'y a plus de polarisation de la lumière incidente et par suite plus de franges.

Cette disposition de l'appareil ne permet donc pas d'étudier le spectre d'absorption d'un cristal polychroïque, mais elle permet très bien, moyennant quelques précautions évidentes, de reconnaître l'existence ou l'absence du polychroïsme et se prête commodément à l'observation de toutes les régions du spectre. M. Agafonoff a donc continué ses recherches avec cet appareil qui suffisait pour le but très général qu'il avait en vue. Il a du reste contrôlé ses observations pour les régions médiocrement réfrangibles, jusqu'à Cd_{11}, en employant des lentilles ordinaires.

Le nombre total des substances examinées s'élève à 198 ; le tableau que nous donnons ci-après en complète la liste contenue dans le mémoire de 1896.

Substances étudiées.	Epaisseur en mm.	Transmis jusqu'aux raies [1]	Observations.
Sulfate de potassium K_2SO_4	3.6	26	
Nitrate de sodium $NaNO_3$	0.9	18	Bande d'absorption entre 11 et 18.
Nitrate de baryum $Ba(NO_3)_2$	1	12	
Nitrate de strontium $Sr(NO_3)_2$	2.2	12	
Nitrate de mercure $HgNO_3$	0.85	11	
Acétate de cuivre et potassium $CuK(C_2H_3O_2)_3 + aq$	3	12	Le rouge est absorbé.
Formiate de strontium $Sr(CO_2H)_2$	3.75	18	
Sucre de cannes $C_{12}H_{22}O_{11}$	9.7	25,26	
Mannite $C_6H_8(HO)_6$	1.4	(23,24)	
Isodulcite $C_6H_{14}O_6$	5.2	(25,26)	
Malate d'ammoniaque $C_4H_4(NH_4)_2O_5$	2.2	(19,20)	
Sulfate d'hydrazine	0.8	(23,24)	
Bornéol $C_{10}H_{18}O$	1	(25,26)	
Acide quinique $C_7H_{12}O_6$	2.36	(23,24)	Tout le spectre est affaibli.
Acide phénylglycol carbonique $C_6H_5.CH(OH).CO_2H$	—	7	
Ac. cinnamique $C_6H_5CH = CH.COOH$	1.3-3.1	11	Polychroïq. ent. 9 et 10.
Acide nitranisique $C_8H_7NO_5$	1.6	8	Polychroique ent. 6 et 8.
Salol $C_6H_4(OH)CO.OC_6H_5$	2.4	8,9	
Chlorobenzile $C_6H_5.ClC_2.CO.C_6H_5$	0.9	8	
Vanilline $C_6H_3.CH_3O.HO.CHO$	1	6	
Résorcine $C_6H_4(OH)_2$	2.8	(12,13)	
Cholestrophane $C_3O_3N_2(CH_3)_2$	0.3	(12)	
Asparagine $CO.HO.CH.NH_2.CH_2.COH_2N$	3	(19,20)	
Benzile $C_6H_5CO.CO.C_6H_5$	1.1	(5,6)	
Benzophénone $(C_6H_5)_2CO$	1.6	6	
Barytine	6	25,26	
Célestine	2.5	26	
Sel gemme	1-55,5	26	
Sylvine	1.27	25, (26)	
Fluorine jaune (Cumberland)	13.15	14	
» verte »	15.35	(9,10)	

(1) Les raies affaiblies sont entre parenthèses.

Substances étudiées.	Epaisseur en mm.	Transmis jusqu'aux raies	Observations.
Fluorine verte (Cumberland)	10	(12)	
» »	1.7	(17)	
» » (Suisse)	3	(25,26)	
Aragonite (Bilin) ⊥ à la bissectrice aiguë	2.4	26	
Azurite (Altaï)	1.55	—	Les raies bleues et bleu-violettes sont seules transmises.
Rutile	0.3	3	Polychroique dans le, vert.
Brookite brune, ⊥ à la bissect. aiguë	0.45	6,(7)	Le violet est affaibli.
Anatase	0.6	7	
Quartz	5.5	26	
Quartz améthyste, fortement colorée	5.9	15	
Quartz améthyste	4	(23,24)	
Cassitérite (Bohême)	0.72	6	
Corindon bleuâtre (Ceylan)	4.25	(13)	
» saphir bleu (Ceylan)	2.6	(13,14)	
» saphir bleu foncé (Ceylan)	1.6	(13)	Faiblement polychroique dans le rouge, vert et bleu.
» rubis rose (Ceylan)	2.2	(11)	Le vert est affaibli, le violet extrême et l'ultra-violet jusqu'à 9 sont presque interceptés.
» rubis violet-rouge (Ceylan)	3.16	11	
Zircon brun verdâtre	5.3	(7)	Faible polychroisme dans le bleu.
Zircon brun verdâtre (Ceylan)	2.4	(8,9)	
Zircon brun jaunâtre (Sibérie)	1.85	(8,5)	
Béryl aigue-marine (Brésil)	4.15	12	
Béryl jaune (Sibérie)	3.15	(11,12)	
Adulaire incolore (Ceylan) ⊥ à la bissectrice aiguë.	1.45	(15,16)	
Adulaire incolore (St-Gothard) ⊥ à la bissectrice aiguë.	1.5-3.97	(15,16)	
Sanidine incolore (Eifel) ⊥ à la bissectrice aiguë.	3.15	13,(14)	

Substances étudiées.	Epaisseur en mm.	Transmis jusqu'aux raies (1)	Observations.
Sanidine incolore (Eifel) ⊥ à la bissectrice aiguë.	3.4	13,(14)	
Topaze incolore (Ceylan) ⊥ à la bissectrice aiguë.	1.7	26	
Topaze brun jaunâtre (Brésil) ⊥ à la bissectrice aiguë.	3.3	(17)	
Idocrase verte	2.4	8	Tout le spectre est affaibli.
Idocrase hétéromérite verte (Oural)	1.2	9	
Mica biotite brunâtre (Canada)	0.5	3 (4)	
Mica moscovite vert (Catanba)	0.1-2.7	(15,19)	
» » jaune doré	0.4	10,(11)	
» » brun bronzé	0.35	9	
Clinochlore verte (Achmatovsk, Oural)	0.6	12	
Diopside gris verdâtre ⊥ à la bissectrice aiguë	1.05	11	
Epidote verte, ⊥ à la bissectrice aiguë	0.45	(6)	Le rouge et l'orangé sont interceptés.
Epidote verte ⊥ à l'axe vertical	2.55	4 (5)	Polychroique dans tout le spectre.
Epidote verte, lame parallèle à (001)	1.4	4 (5)	Idem. Polychroïsme plus faible.
Epidote brune, lame parallèle à l'axe vertical	2.35	4 (5)	Polychroique dans tout le spectre.
Apophyllite incolore (Poonah)	1.15	(25,26)	
» » (Tyrol)	2.50	(25,26)	
» partie jaunâtre de la lame précédente	2.50	(13,17)	
Phénacite incolore (Oural)	2.15	(25,26)	
Axinite violet rosâtre (Oisans), lame ⊥ à la bissectrice aiguë	1.5	(11)	Polychroïque dans tout le spectre, surtout dans l'ultra violet.
Axinite violet rosâtre (Oisans), lame ⊥ à l'un des axes	2.75	11	Idem. Polychroisme plus fort que dans le précédent.
Grenat rose	3.5	(10)	Beaucoup de bandes d'absorption entre l'orangé et le jaune, dans le vert et le bleu, et entre 8 et 9.

Substances étudiées	Epaisseur en mm.	Transmis jusqu'aux raies (¹)	Observations.
Brucite incolore (Texas)	3	(12) ?	
Andalousite vert grisâtre, lame parallèle à l'un des axes	1.75	9	Polychroique dans tout le spectre, sauf le rouge.
Andalousite rose-brunâtre, lame ⊥ à l'un des axes	3.10	9	Idem.
Cordierite violette (Finlande), lame ⊥ à la bissectrice aiguë	1.2	(12)	
Cordiérite violet grisâtre (Haddam), lame ⊥ à la bissection aiguë	1.6	12	
Cordierite violet bleuâtre, lame parallèle à l'un des axes	2.4	—	Raies vertes et bleues seules transmises, polychroisme dans la même région.
Cordiérite violette, lame ⊥ à la bissectrice aiguë	4.2	10	Polychroique dans tout le spectre.
Tourmaline brun verdâtre (Brésil), lame ⊥ à l'axe	1.15	4	Rouge, vert et bleu transmis.
Tourmaline verte (Brésil), lame ⊥ à l'axe	1.65	3	Rouge intercepté, orange et vert transmis.
Tourmaline rose (Brésil), lame ⊥ à l'axe	1.10	(12,13)	
Tourmaline vert brunâtre (Ceylan), lame parallèle à l'axe	—	(11)	Spectre ordinaire absorbé sauf, le rouge, le jaune et la première raie verte qui sont seulement très affaiblis. Spectre extraordinaire transmis jusqu'à la raie 9 inclusivement.
Tourmaline verte (Brésil), lame parallèle à l'axe	—	(11)	Polychroisme complet excepté dans le vert.
Tourmaline vert brunâtre (Brésil) lame parallèle à l'axe	0.75	(10)	Polychroisme assez fort, dans le spectre ordinaire, le bleu, le violet et l'ultra-violet sont presque complètement absorbés, le rouge, le jaune et le vert sont affaiblis.

Substances étudiées.	Epaisseur en mm.	Transmis jusqu'aux raies (1)	Observations.
Tourmaline verte (Brésil)	0.85	(11)	
» brune (Schwartzenstein), lame parallèle à l'axe	0.65	(11)	Peu de différence entre les deux spectres.
Tourmaline brun rosâtre (Schwartzenstein), lame parallèle à l'axe	—	(10)	Polychroisme faible dans la partie visible, beaucoup plus fort dans l'ultra-violet.
Tourmaline bleue (Schwartzenstein), lame parallèle à l'axe	3.05	12	Rouge presque tout intercepté, bande d'absorption dans le vert.
Tourmaline légèr. rosâtre (Schwartzenstein), lame parallèle à l'axe	1.3	17	Pas de polychroisme.
Tourmaline légèrement rosâtre ⊥ à l'axe	2.5	(17)	
Sphène verdâtre (Tyrol), lame ⊥ à la bissectrice aigue	0.9	(10)	
Vivianite (Cornouailles)	4.4	11	
Monazite $(CeLa.Di)_2\ (PO_4)_2$	—	5	Bandes d'absorption entre le jaune et le vert.
Uranite	0.3-0.4	10	
Chalcolite	—	9	Le vert est seul transm.
Parisite, presque incolore 23.5 % CO_2; 42.5 Ceo; q. Di_2O_3, 8.6 La_2O_3; 10,1 CaF_2; 2.8 CaO; 2.2 CeF.	—	—	Bande d'absorption entre le jaune et le vert et dans le bleu et violet.
Mélinophane (Norvège)	0.95	11	
Mellite (Thuringe)	1.05	7	
Ambre jaune	6.4	7	

La longueur du spectre d'absorption est caractéristique pour chaque substance chimique donnée, et reste invariable lorsqu'on amincit la lame absorbante à partir d'une certaine épaisseur maximale déterminée pour chaque substance. L'auteur appelle cette épaisseur l'*épaisseur critique* et le spectre correspondant le *spectre typique*.

Ce spectre nous montre que la substance ne transmet pas les rayons au-dessous d'une certaine longueur d'onde déterminée. Pour les milieux cristallins de transparence moyenne (la plupart des minéraux), l'épaisseur critique

varie dans les limites de 1 à 3 mm.; pour les milieux les plus transparents (la plupart des sulfates et quelques carbonates), elle est de 3 à 10 mm., ou même quelques centimètres pour certaius d'entre eux; pour les milieux de faible transparence (la plupart des composés organiques), elle s'exprime en dixièmes de millimètres.

Une fois l'épaisseur critique dépassée, le changement caractéristique du spectre commence avec l'augmentation de l'épaisseur; les raies spectrales appartenant aux ondes les plus courtes disparaissent graduellement, et peu à peu le spectre se raccourcit dans sa partie ultraviolette.

L'absorption dépend principalement de la molécule chimique, et les molécules compliquées sont plus absorbantes que les molécules plus simples. L'auteur observe que, en thèse générale, les substances qui ont une forte absorption cristallisent plus ou moins mal; ainsi parmi les substances organiques, celles qui donnent de grands cristaux bien formés (tartrates, acide citrique, sucres) et sont en quelque sorte des exceptions par cette propriété, sont aussi des exceptions pour la transparence, car elles transmettent la plus grande partie des rayons ultraviolets.

La présence du fer et du cuivre diminue en général la transparence des sulfates. Ainsi le sulfate double d'aluminium et rubidium transmet tout le spectre, tandis que celui de cuivre et rubidium ne transmet que jusqu'à la raie 18; le sulfate double de zinc et ammonium jusqu'à 25 et celui de fer et ammonium jusqu'à 18.

Les sulfates dont nous venons de parler ainsi que les chromates étudiés antérieurement nous montrent que les bases ont une influence sur la faculté absorbante de la combinaison chimique; mais le rôle principal appartient néanmoins aux acides qui déterminent d'une part le caractère général de l'absorption et de l'autre la structure chimique et cristallographique du composé.

Les cristaux des azotates donnent aussi un exemple très net du rôle de l'acide dans l'absorption. Tous les azotates examinés transmettent les rayons jusqu'à la raie 11. Pour les sels de baryum, de strontium, d'aluminium, de nickel

et de mercure, le spectre ne va pas plus loin; pour les azotates de potassium et de sodium, il présente une bande d'absorption après la raie 11 et se prolonge ensuite jusqu'à la raie 18.

Les cristaux polychroïques sont rares; dans la plupart des substances les deux spectres ordinaire et extraordinaire sont identiques et indépendants de l'orientation de la lame. L'auteur en tire la conclusion, contestable à notre avis, que le polychroïsme doit être attribué soit à une structure chimique rendue hétérogène par la présence d'éléments isomorphes dans une matière fondamentale, soit à l'intrusion dans le cristal d'une matière colorante étrangère. C. S.

E. RUTHERFORD et F. SODDY — CONDENSATIONS DES ÉMANATIONS RADIOACTIVES (*Phil. Mag.* mai 1903).

MM. Rutherford et Soddy ont montré dans un autre mémoire que l'émanation radioactive du thorium ne subit pas de changement en passant à travers un tube de platine chauffé à blanc ou à travers un tube refroidi à la température de l'acide carbonique solide. Ils ont étudié maintenant les émanations du radium et du thorium à la température de l'air liquide. Les émanations transportées par un courant d'oxygène ou d'hydrogène, traversaient une spirale de cuivre plongée dans l'air liquide, fonctionnant elle-même comme son propre thermomètre en en déterminant la résistance électrique.

Les expériences avec le radium sont beaucoup plus simples que celles avec le thorium, car l'activité du radium ne diminue pas d'une manière appréciable pendant le temps nécessaire à une série complète d'observations. L'émanation du radium est condensée à la température de l'air liquide, et il n'y a plus trace de radioactivité se manifestant par la décharge d'un électromètre. Puis l'émanation volatilise brusquement vers — 153° dans un courant de gaz continu, et vers — 150° dans une atmosphère tranquille.

Pour le thorium, des déterminations analogues sont rendues difficiles à cause de la rapidité avec laquelle cet élément perd son activité ; on est obligé d'employer des courants de gaz plus rapides.

Son émanation commence à se condenser vers — 120°. Mais la détermination de la température à laquelle l'émanation condensée commence à volatiliser n'est pas accessible à l'expérience précisément à cause de la déperdition rapide de sa radioactivité. Toutefois, dans tous les essais qui ont été faits, une certaine quantité d'émanation a échappé à la condensation à des températures bien inférieures à celle où la condensation commence. Il est probable que — 120° représentent la vraie température de volatilisation et de condensation. Pour le radium, au contraire, il n'y a pas de différence sensible entre la température de condensation et la température de volatilisation, et l'émanation toute entière est condensée à une température très peu inférieure au point de volatilisation.

Cette différente manière de se comporter du radium et du thorium peut être expliquée par le fait que le nombre des particules d'émanation pour un effet égal est probablement des milliers de fois plus considérable dans l'émanation du radium que dans celle du thorium.

Ces émanations possèdent les propriétés des matières gazeuses, tout au moins pour ce qui concerne la condensation et la volatilisation.

Les auteurs considèrent que ces propriétés de condensation des émanations radioactives, jointes aux proprietés de diffusion reconnues précédemment, prouvent que ces émanations sont dues à de la matière à l'état gazeux.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1903

Le 1er, très forte rosée le matin.
2, très forte rosée le matin; fort vent à 4 h. et à 7 h. du soir; pluie à 6 h. 30 m. et arc-en-ciel.
3, fort vent à 10 h. et à 1 h. du soir; pluie à 4 h. du soir.
5, très forte rosée le matin.
6, forte rosée le matin.
8, forte rosée le matin ; léger halo lunaire à 9 h. du soir.
9, rosée le matin ; éclairs depuis 7 h. du soir à l'W. et au NE.
10, pluie dans la nuit et jusqu'à 10 h. du matin; fort vent à 7 h. du matin et à 4 h. du soir.
11, très forte rosée le matin.
12, forte rosée le matin; fort vent à 1 h. du soir; orages à 5 h. 25 m., à 6 h. 30 m., à 9 h. 50 m, et depuis 10 h. 30 m. du soir; pluie à 7 h. et à 10 h. du soir.
14, très forte rosée le matin.
15, pluie dans la nuit, le matin, à 1 h. et à 7 h. du soir; orage à 4 h. 40 m. au NW. et à 5 h. sur la ville.
16, fort vent à 1 h. du soir; pluie de 3 h. 15 m. à 4 h. du soir.
17, pluie à 10 h. du matin; fort vent de 1 h. à 7 h. du soir.
18, fort vent de 1 h. à 4 h. et depuis 9 h. du soir; violent vent à 10 h. du soir.
19, pluie dans la nuit et pendant la journée jusqu'à 9 h. du soir; arc-en-ciel à 3 h. 15 m.
21, très forte rosée le matin ; fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.
22, forte rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir; éclairs au NW. à 9 h. du soir.
23, orage à 9 h du matin; pluie à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; fort vent à 7 h. du soir.
24, pluie dans la nuit; couronne solaire à 2 h.; fort vent à 4 h, du soir.
25, pluie à 1 h. et à 4 h. du soir.
26, très forte rosée le matin; forte bise à 1 h. et à 4 h. du soir.
27, forte rosée le matin.
28, très forte rosée le matin; halo lunaire à 8 h.
29, très forte rosée le matin ; fort vent de 10 h. à 4 h.; léger halo solaire à 1 h. 15 m.
30, quelques gouttes de pluie à 7 h. du matin.
31, très forte rosée le matin.

GENÈVE — AOUT 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	32.5	32.1	31.3	31.99	+ 4.07	31.1	32.7	SW. 1	WNW1	N. 0	SW. 1	3.6	0	1	0	0	12.9		
2	30.4	28.3	27.4	29.11	+ 1.18	26.9	31.7	S. 0	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	6.3	0	1	7	4	11.7	....	....
3	28.0	26.9	28.9	27.88	− 0.06	27.5	29.2	SSW. 1	SSW. 3	S. 0	SSW. 2	8.3	7	10	3	8	0.8	....	....
4	29.6	29.7	30.0	29.59	+ 1.64	28.9	30.9	NE. 0	N. 1	N. 0	N. 1	2.1	1	1	0	1	12.9	0.2	1
5	31.6	30.8	31.4	31.01	+ 4.06	30.9	31.7	N. 1	SW. 1	SSW. 1	SSW. 1	6.3	0	0	0	0	**13.0**	....	....
6	31.9	31.4	31.1	31.42	+ 3.46	30.4	32.2	S. 1	SSW. 1	N. 1	var.	5.8	0	0	0	0	12.5	....	....
7	30.9	29.1	28.6	29.63	+ 1.67	27.6	31.2	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.2	9	0	0	2	10.8	....	....
8	28.0	26.9	27.1	27.34	− 0.62	26.0	28.7	SSW. 1	NE. 1	SW. 1	var.	4.4	0	1	9	2	12.1	....	....
9	26.8	25.6	24.0	25.91	− 2.06	23.8	27.5	E. 1	WSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	5.8	0	2	5	5	7.7	....	....
10	25.5	27.7	29.1	26.73	− 1.24	23.6	29.6	SSW. 2	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	8.7	10	9	0	6	4.9	15.2	7
11	28.5	27.9	28.0	28.14	+ 0.17	26.9	29.6	S. 1	N. 1	N. 0	N. 1	4.2	0	0	0	0	12.3	10.9	6
12	28.3	27.0	27.7	27.60	− 0.37	25.2	28.8	S. 0	SSW. 2	E. 1	SSW. 1	5.6	5	5	10	7	7.7	....	....
13	27.8	27.8	27.3	27.65	− 0.32	27.1	28.8	N. 0	SW. 1	N. 1	SW. 1	5.8	10	5	0	5	5.7	5.2	5
14	25.4	22.3	18.9	22.93	− 5.04	**18.8**	27.5	S. 0	N. 1	SSW. 1	var.	6.7	3	8	10	6	8.6	....	....
15	20.9	22.8	27.0	**22.71**	**− 5.25**	19.0	28.4	W. 1	SW. 1	S. 0	SSW. 1	10.9	10	10	10	10	0.9	24.0	6
16	30.5	30.7	31.3	30.43	+ 2.47	28.6	31.3	S. 1	WSW. 2	S. 0	SSW. 1	10.6	3	9	1	6	5.7	22.7	11
17	28.7	27.6	28.3	28.41	+ 0.46	27.5	30.5	S 0	SSW. 2	W. 0	SSW. 1	8.1	10	10	6	9	1.5	0.1	1
18	27.5	26.1	22.6	25.78	− 2.17	22.3	28.3	S. 1	SSW. 2	WSW. 2	SSW. 2	**13.8**	10	5	10	8	6.5	0.2	1
19	21.0	24.5	27.9	24.00	− 3.94	21.0	29.3	SSW. 2	SSW. 1	N. 0	SSW. 1	8.7	10	10	10	10	2.0	15.4	5
20	29.7	28.6	27.9	28.73	+ 0.80	27.5	29.8	S. 0	SW. 0	S. 0	SSW. 1	3.6	3	0	0	2	11.4	**26.0**	**9**
21	26.6	25.2	25.4	25.88	− 2.04	24.5	27.8	SW. 0	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	8.1	2	1	10	4	11.1	....	....
22	26.1	25.0	26.0	25.43	− 2.48	23.8	26.3	S. 0	SW. 1	SW. 0	SSW. 1	8.1	6	0	10	4	11.1	....	....
23	25.2	23.3	30.2	26.17	− 1.73	22.6	30.3	S. 0	N. 0	S. 0	var.	4.2	7	10	10	10	2.7	15.2	4
24	28.4	27.2	27.4	28.03	+ 0.14	26.5	30.0	N. 0	NW. 1	SW. 0	var.	4.4	0	0	0	3	10.6	....	....
25	27.4	28.7	31.5	28.89	+ 1.01	27.0	31.9	E. 0	SSW. 1	S. 0	var.	4.8	9	10	10	10	....	0.8	2
26	32.6	33.1	34.3	33.04	+ 5.17	32.0	34.7	E. 0	NNE. 2	N. 0	NNE. 1	8.3	4	1	0	1	11.1	....	....
27	34.7	34.1	32.9	**33.85**	**+ 6.00**	32.4	**34.8**	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.1	3	0	0	1	11.1	....	....
28	33.0	31.9	31.3	31.98	+ 4.14	30.5	33.0	SW. 0	N. 1	S. 0	var.	2.9	0	6	1	2	10.1	....	....
29	30.1	29.3	30.5	30.05	+ 2.23	29.2	31.2	S. 0	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	7.3	7	5	3	5	10.1	....	....
30	31.5	31.4	31.5	31.10	+ 3.30	30.5	31.6	S. 1	N. 1	N. 1	N. 1	6.3	8	3	0	3	10.3	....	....
31	32.1	32.1	32.1	31.81	+ 4.03	31.4	32.4	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	3.3	0	0	0	0	11.1	....	....
Mois	28.74	28.24	28.67	28.49	+ 0.83							6.30	4.4	4.0	4.0	4.3	260.9	135.9	58

GENÈVE — AOUT 1903

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation 1 h.	Fraction de Saturation 9 h.	Fraction de Saturation Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation Min.	Fraction de Saturation Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+13.7	+21.3	+15.9	+16.71	− 2.06	+11.0	+24.0	80	39	80	64	− 4	39	80	11.6	− 7.1	1537
2	13.0	24.6	19.7	18.29	− 0.45	9.9	27.3	81	41	67	65	− 3	41	92	....	.....	1500
3	19.2	22.4	16.4	18.97	+ 0.27	13.8	23.7	69	55	79	69	+ 1	54	86	16.6	− 2.2	1500
4	17.0	22.0	18.2	18.30	− 0.37	12.8	24.9	80	52	68	70	+ 2	43	92	15.6	− 3.2	1477
5	16.0	26.8	21.8	20.68	+ 2.05	12.5	28.3	79	47	45	64	− 5	47	92	15.8	− 3.0	1472
6	19.6	26.4	19.4	20.97	+ 2.38	15.0	28.1	66	50	69	60	− 9	43	73	15.8	− 3.0	1502
7	16.8	21.8	19.8	18.96	+ 0.41	13.8	24.7	75	55	68	67	− 2	55	91	16.1	− 2.7	1477
8	16.3	25.1	22.4	20.55	+ 2.05	13.0	30.5	77	49	67	65	− 4	43	87	18.9	+ 0.1	1502
9	21.8	30.2	23.2	**23.80**	**+ 5.35**	17.7	**31.9**	74	40	66	65	− 4	40	82	....	.....	1500
10	16.4	18.8	15.4	17.83	− 0.57	12.4	23.2	92	66	75	74	+ 5	51	92	19.0	+ 0.1	1535
11	12.4	20.3	17.7	16.36	− 1.99	8.9	23.0	81	53	76	71	+ 2	51	97	19.0	+ 0.1	1537
12	17.4	27.8	19.0	20.54	+ 2.25	13.2	30.2	78	41	83	71	+ 1	41	95	19.1	+ 0.3	1562
13	17.4	25.4	18.2	20.58	+ 2.35	15.8	27.0	90	54	90	77	+ 7	51	96	19.3	+ 0.5	1562
14	17.2	22.6	22.0	19.56	+ 1.39	13.5	24.7	88	63	74	78	+ 8	63	97	19.1	+ 0.3	1582
15	15.2	15.7	12.6	16.00	− 2.10	12.0	21.2	97	88	82	86	+16	62	97	18.9	+ 0.1	1612
16	13.0	18.2	12.3	14.41	− 3.62	10.9	20.9	68	50	78	67	− 3	50	90	....	.....	1670
17	12.0	15.4	15.1	14.20	− 3.76	9.0	19.9	87	74	74	75	+ 5	54	92	11.8	− 7.0	1682
18	15.4	23.6	20.8	19.30	+ 1.41	13.9	25.3	74	36	60	**59**	**−12**	36	74	12.5	− 6.3	1577
19	15.0	13.0	11.0	**13.91**	**− 3.90**	9.9	22.2	90	88	92	**88**	**+17**	50	**98**	12.9	− 5.9	1652
20	11.0	20.0	15.2	14.93	− 2.80	9.0	22.2	90	47	68	73	+ 2	41	95	13.0	− 5.7	1747
21	13.6	26.0	21.0	18.60	+ 0.95	9.2	27.7	76	38	59	65	− 6	38	93	13.3	− 5.4	1701
22	19.0	26.4	20.4	21.72	+ 4.15	16.9	28.0	81	51	64	66	− 6	51	88	13.7	− 5.0	1663
23	14.2	20.4	13.8	16.11	− 1.37	13.0	21.8	80	62	93	78	+ 6	62	93	...	.....	1650
24	11.6	20.0	16.2	16.01	− 1.38	9.7	24.0	93	63	72	74	+ 2	42	93	16.8	− 1.8	1662
25	16.8	18.3	14.4	16.24	− 1.06	13.6	20.1	81	67	91	78	+ 6	66	86	17.0	− 1.6	1650
26	13.0	18.9	15.1	15.48	− 1.73	10.9	21.1	89	48	73	74	+ 1	47	96	17.3	− 1.3	1657
27	11.4	19.4	14.6	14.90	− 2.21	**8,7**	21.0	90	55	86	78	+ 5	54	96	17.4	− 1.1	1612
28	12.5	22.7	17.8	17.62	+ 0.61	9.2	27.2	90	60	78	74	+ 1	42	96	17.9	− 0.5	1587
29	14.3	27.0	20.2	19.74	+ 2.83	10.6	27.9	92	32	65	65	− 8	**32**	94	18.1	− 0.3	1577
30	17.7	22.1	17.8	18.89	+ 2.09	14.0	24.1	83	56	63	73	− 1	56	94	....	.....	1570
31	13.0	20.9	18.2	17.19	+ 0.49	10.3	23.9	85	61	80	75	− 1	50	94	18.4	+ 0.1	1577
Mois	+15.25	+22.05	+17.60	+17.97	+ 0.06	+12.07	+24.84	83	54	74	71	0			16.34	− 2.31	1584

MOYENNES DE GENÈVE. — AOUT 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	29.39	29.34	29.51	29.51	28.86	28.36	28.31	29.22	29.06
2e »	27.05	26.79	26.82	27.04	26.54	25.88	26.17	26.80	26.64
3e »	29.86	29.58	29.78	29.91	29.23	28.88	29.62	30.41	29.66
Mois	28.81	28.60	28.74	28.85	28.24	27.74	28.09	28.86	28.49

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re déc.	+16.31	+14.41	+16.98	+20.71	+23.94	+24.44	+21.01	+18.25	+19.51
2e »	14.70	13.29	14.60	18.03	20.20	20.75	18.34	15.92	16.98
3e »	13.97	12.51	14.28	19.09	22.01	22.62	19.25	16.26	17.48
Mois	+14.96	+13.37	+15.25	+19.27	+22.05	+22.60	+19.53	+16.79	+17.97

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
1re décade	76	84	77	62	49	50	62	70	66
2e »	83	88	84	73	59	59	69	80	74
3e »	87	92	85	67	54	52	69	77	73
Mois	82	88	83	67	54	54	67	76	71

Dans ce mois l'air a été calme 242 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{46}{113} = 0.41.$

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 40°.1 W.

Son intensité est égale à 40.6 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	728.55
Nébulosité..................	4.1
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+18°.30
Température $\frac{7+1+2\times 9}{4}$..	+18°.13
Fraction de saturation........	70 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875)	727.66
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.7
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	80mm.4
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne... (id.).	+17°.91
Fraction de saturat. (1849-1875).	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	153.2	151.6	128.5	125.8	117.5	111.5	116.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	83.6	135.9	110.1	125.9	125.4	136.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : $244^h.3$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1903

Le 2, pluie le soir.
10, pluie dans la jonrnée.
11, grande sécheresse de l'air, 4 % à 7 h. du matin.
14, très fort vent et pluie.
15, très fort vent et pluie.
16, très forte bise.
17, pluie.
19, très fort vent, pluie et neige.
23, très fort vent, pluie.
25, pluie.
30, très forte bise.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	69.0	70.3	71.1	70.1	+ 1.2	67 0	71.5	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	4	0	0	1	....	....
2	71.1	70.6	70.4	70.7	+ 1.8	69.5	71.4	SW. 1	SW. 1	NE 1	SW. 1	0	1	10	4	....	....
3	68.8	68.3	68.5	68.5	− 0.4	68.0	70.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	8	7	7	2.4	....
4	68.3	70.2	71.8	70.1	+ 0.2	68 0	72.1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	0	0	....	....
5	72.7	73 6	73.5	73.3	+ 4.4	72.5	73.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	.. .	....
6	73.6	73.4	72.8	73 3	+ 4.4	72.4	74.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	4	1	....	....
7	71.1	70.9	71.1	71.0	+ 2.1	70.5	71.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
8	71.0	70.3	71.3	70.9	+ 0.2	70.0	71.7	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	5	6	0	4	....	....
9	70.9	70 8	69.7	70.5	+ 1.6	69.5	71.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	6	5	4	. ..	....
10	67.5	66.7	68.4	67.5	− 1.4	66.4	68.5	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	2.9	....
11	68.9	69.8	70.6	70.1	+ 1.2	68.5	71.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	2	2	1	....	....
12	70.8	71.1	70.5	70.8	+ 2.0	70.4	71.7	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	2	7	9	6	....	. ..
13	69.9	69.9	69.1	69.6	+ 0.8	68.9	70.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	8	6	0	5	....	....
14	68.2	67.9	66.2	67.4	− 1.4	65.0	69.0	SW. 3	SW. 2	SW. 4	SW. 3	4	10	10	8	12.0	....
15	63.6	63.9	64.5	63.7	− **5.1**	63.0	65.1	SW. 2	SW. 3	NE. 2	SW. 2	10	10	10	10	**18.0**	....
16	66.6	67.4	68.3	67.4	− 1.4	65.3	68.5	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	2	3	10	5	....	...
17	66.6	66.6	67.4	66.9	− 1.9	66.3	67.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	10	3	7	11.3	....
18	67.2	67.8	66.8	67.3	− 1.4	66.0	67.9	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	7	4	5	5	....	....
19	63.1	63.6	64.2	**63.6**	− **5.1**	**62.9**	64.8	SW. 3	SW. 2	NE. 2	SW 2	10	10	10	10	20.8	3
20	66.9	67.8	69.4	68.0	− 0.7	65.4	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	....	....
21	69.3	69.5	70.2	69.7	+ 1.1	69.0	70.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	3	2	0	2	....	....
22	69.6	69.8	69.9	69.8	+ 1.2	69.4	70.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	5	10	5	....	....
23	70.1	68.9	68.4	69.1	+ 0.5	68.5	70.4	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	11.0	....
24	68.7	69.4	70.1	69.4	+ 0.9	68.7	70.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	2	8	3	....	....
25	69.0	69.1	69.7	69.3	+ 0.8	69.4	72.8	SW. 2	SW. 2	NE. 2	SW. 2	1	6	10	6	10.0	....
26	69.8	71.2	72.6	71.2	+ 2.8	72.9	74.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	4	1	0	2	....	....
27	73.1	73.8	73.7	73 5	+ 5.1	73.0	73.9	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
28	73.2	73.7	73.4	73.4	+ 5.1	71.5	72.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
29	71 8	71.8	71.4	71.7	+ 3.4	71.2	72.0	NE. 1	SW. 2	NE. 2	var.	3	7	5	5	....	....
30	70.7	70.8	72.5	71.3	+ 3.0	70.5	72.9	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	4	0	5	...	....
31	72.9	74.2	74.8	**74.0**	+ **5.8**	72.8	**75.0**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	...	
Mois	69.48	69.78	70.07	69.78	+ 1.38							3.9	4.4	4.5	4.2	118.4	3

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 0.3	+ 7.1	+ 4.2	+ 3.7	− 2.7	− 1.0	+ 8.2	97	40	80	72	39	99
2	+ 5.1	10.5	8.0	7.9	+ 1.5	+ 3.9	12.0	52	39	59	50	30	78
3	6 3	10.1	4.7	7.0	+ 0.6	4.0	10.8	76	62	100	79	40	100
4	2.5	9.2	8 5	6.7	+ 0.3	1.7	10.7	93	61	59	71	56	97
5	10.9	15.5	10.6	**12.3**	+ **5.9**	8.4	**16,6**	37	32	65	45	27	76
6	9.4	14.6	10.2	11.4	+ 5.0	8.0	15.2	64	50	87	67	42	90
7	9.4	15.3	10.9	11.9	+ 5.5	8.9	15.5	55	36	64	52	36	80
8	8.4	13 8	11.0	11.1	+ 4.8	8.4	15.4	100	50	51	67	32	100
9	9.1	13.8	10.2	11.0	+ 4.7	9.0	14.1	73	57	100	77	50	100
10	6.2	8.8	5.0	6.7	+ 0.4	4.0	10.8	85	80	100	88	63	100
11	7.4	11.0	9.1	9.2	+ 3.0	2.7	12.7	4	39	86	**43**	**4**	90
12	8.2	12.8	7.6	9.5	+ 3.3	7.0	13.8	66	48	86	67	33	88
13	6.8	9.9	8.3	8.3	+ 1.9	6.6	11.9	83	61	60	68	50	90
14	6.7	10.4	7.6	8.2	+ 2.0	6.7	10.5	74	75	100	83	55	100
15	+ 4.4	5.6	− 0.3	3.4	− 2.7	0.0	8.0	93	100	100	98	51	100
16	− 1.6	3.9	0.2	**0.8**	− **5.3**	− 1.8	4.3	84	62	100	82	56	100
17	+ 0.8	5.2	2.0	2.7	− 3.3	− 0.9	5.2	73	82	70	75	42	85
18	6.1	9.3	+ 7.6	7.7	+ 1.7	+ 1.0	10.0	35	75	56	55	26	80
19	+ 5.6	1.5	− 1.7	1.8	− 3.2	− 1.8	7.9	82	83	100	85	55	100
20	− 2.2	5.0	+ 5.8	2.9	− 3.0	− **2.5**	7.1	100	61	52	71	40	100
21	+ 7.0	10.6	+ 7.2	8.3	+ 2.5	+ 6.0	12.6	58	51	94	68	45	95
22	6.6	8.9	7.8	7.8	+ 2.0	5.9	10.4	91	95	100	95	68	100
23	6.1	7.2	4.8	6.0	+ 0.3	4.5	8.1	100	100	100	100	80	100
24	4.4	9.7	6.9	7.0	+ 1.3	4.1	11.1	72	59	95	75	55	98
25	6 1	4.2	3.5	4.6	− 1.0	3.0	7.2	58	96	100	85	46	100
26	0.1	5.8	4.0	3.3	− 2.2	0.1	6.9	100	74	79	84	63	100
27	4.0	9.5	8.5	7.3	+ 1.8	3.6	11.5	85	75	83	81	59	86
28	8.4	12.6	9.5	10.2	+ 4.8	7.0	13.1	38	33	60	44	32	65
29	10.4	14.5	8.0	11 0	+ 5.7	7.0	14.7	42	40	85	56	38	87
30	5.8	9.8	7.8	7.8	+ 2.6	5.6	10.9	96	72	85	84	60	97
31	+ 8.6	+14.8	+ 9.7	+11.0	+ 5.8	+ 7.8	+14.9	54	32	95	60	29	98
Mois	+ 5.70	+ 9.71	+ 6.70	+ 7.37	+ 1.39	+ 4.09	+11.10	72	62	82	72		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AOUT 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	70.40	70.51	70.86	70.59	73	51	76	67
2e »	67.18	67.58	67.70	67.48	69	69	81	73
3e »	70.75	71.11	71.52	71.13	72	66	89	76
Mois	69.48	69.78	70.07	69.78	72	62	82	72

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 6.70	+ 11.87	+ 8.33	+ 8.97	+ 8.81
2e »	4.22	7.46	4.68	5.45	5.26
3e »	6.14	9.78	7.06	7.66	7.51
Mois	+ 5.70	+ 9.71	+ 6.70	+ 7.37	+ 7.20

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{59}{69} = 0.86$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 30.3 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	93.2	75.4	90.8	118.4
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	3cm

HYPOTHÈSE

SUR LA

CONSTITUTION GÉOMÉTRIQUE

DE L'ÉTHER

PAR

René de SAUSSURE

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 1er octobre 1903.

On peut considérer l'*espace* comme un champ géométrique à *trois* dimensions, c'est-à-dire comme un champ continu, homogène, indéfini et rigide, soumis aux lois de la géométrie à trois dimensions ; on peut aussi considérer le *temps* comme un champ géométrique à *une* dimension, c'est-à-dire comme un champ continu, homogène, indéfini et rigide, soumis aux lois de la géométrie à une dimension. Rien ne s'oppose à ce que l'on considère l'*éther* des physiciens comme un *champ géométrique à deux dimensions* (indépendant de l'espace et du temps), c'est-à-dire comme un champ continu, homogène, indéfini et rigide, soumis aux lois de la géométrie à deux dimensions[1].

[1] Cette hypothèse n'est relative qu'à la constitution géométrique de l'éther, et ne permet pas de rien inférer quant à sa nature même; pas plus que la géométrie à trois dimensions ne permet d'inférer quelque chose sur la nature de l'espace.

(Il est bien entendu que les deux dimensions supposées de l'éther ne sont pas des dimensions *spatiales*, puisque l'éther est indépendant de l'espace. En outre, les deux dimensions ou les deux variables dont dépend l'éther sont *identiques* entre elles, de même que les trois dimensions dont dépend l'espace sont identiques entre elles ; c'est cette identité dans toutes les dimensions qui justifie le nom de champ géométrique et qui fait qu'un champ à n dimensions reste soumis aux lois de la géométrie à n dimensions alors même que ce champ n'est plus un champ spatial.)

Les trois champs fondamentaux (*temps*, *éther*, *espace*) correspondent aux trois grandeurs fondamentales de la mécanique rationnelle (*durée*, *force*, *volume*), et de même qu'une durée est une certaine *quantité* de temps, de même *une force sera une certaine quantité d'éther*, et un volume une certaine quantité d'espace.

Les trois champs fondamentaux sont indépendants les uns des autres, c'est-à-dire qu'on ne peut mesurer une grandeur d'un champ fondamental au moyen de grandeurs des autres champs fondamentaux, ou encore, on ne peut mesurer des forces avec des secondes ni des durées avec des grammes ou des mètres cubes[1]. (Le

[1] On peut remarquer ici que la *ligne droite* ou l'*espace* à une dimension n'est pas le *champ* à une dimension, pas plus qu'un *plan* n'est le champ à deux dimensions, car les mètres et les mètres carrés sont exprimables en mètres cubes. En outre, la nature d'un champ change complètement avec le nombre de ses dimensions. S'il existe un champ à quatre dimensions, ce champ n'est certainement plus de l'espace.

On peut aussi dire qu'une ligne droite a trois dimensions, dont deux sont nulles, tandis que le temps n'a qu'une dimension. De même, un plan a trois dimensions, dont une est nulle, tandis que l'éther n'a que deux dimensions.

gramme est considéré dans tout ce qui suit comme l'unité de force, et non pas comme l'unité de masse.)

Les trois champs fondamentaux, quoique indépendants les uns des autres, et formant chacun un tout en lui-même, se pénètrent les uns les autres. Ainsi un instant dt existe partout dans l'espace; un élément de volume dv existe éternellement, c'est-à-dire qu'il existe partout dans le champ du temps.

On doit donc admettre que l'éther pénètre l'espace, non pas comme un fluide, mais comme le temps (l'éther n'offrira donc pas plus de résistance au mouvement des corps matériels dans l'espace que n'en offre le temps). Tout élément d'éther dF existe partout et éternellement.

Lorsqu'un phénomène mécanique met en jeu les trois grandeurs fondamentales (durée, force, volume), on dit que le phénomène est *dynamique*.

Mais on peut, dans un phénomène dynamique, ne considérer que deux des grandeurs fondamentales mises en jeu et faire abstraction de la troisième. Si l'on fait abstraction du temps, on dit que le phénomène est *statique*; si l'on fait abstraction de la force, le phénomène est *cinématique*. Il n'existe pas de nom spécial pour les phénomènes où l'on fait abstraction de l'espace.

Nous poserons les principes suivants :

I. *Principe de la relativité des phénomènes*. Du moment que les trois champs géométriques fondamentaux sont traités symétriquement, on doit admettre la même relativité dans les phénomènes statiques (ou phénomènes de *contrainte*) que dans les phénomènes cinématiques (ou phénomènes de mouvement).

II. *Principe d'homogénéité*. Toutes les équations de la mécanique doivent être homogènes en comptant une

durée comme égale à 1, une force comme égale à 2 et un volume comme égal à 3.

En outre, une grandeur à n dimensions d'un champ géométrique ne peut être alliée qu'à une grandeur à n dimensions d'un autre champ, pour produire un phénomène. Ainsi, une durée dt (grandeur à une dimension) ne peut être alliée dans l'espace qu'à une longueur dl (ce qui donne une vitesse linéaire $V = \frac{dl}{dt}$) ou à un angle dièdre $d\theta$ (ce qui donne une vitesse angulaire $\omega = \frac{d\theta}{dt} = \frac{2\pi}{T}$, T étant la durée correspondant à un tour complet).

De même une force ou élément d'éther dF ayant deux dimensions, ne pourra être alliée dans l'espace qu'à une surface dS (ce qui donne une pression superficielle $P = \frac{dF}{dS}$) ou à un angle solide $d\Theta$ (ce qui donnera une *pression angulaire* $\Pi = \frac{dF}{d\Theta} = \frac{F}{4\pi}$, F désignant la force correspondant à l'angle solide total 4π). C'est pourquoi on dit : une vitesse de tant de mètres par seconde, tandis qu'on dit : une pression de tant de grammes par mètre carré.

Relations fondamentales. Si dl est un arc de cercle correspondant à un angle au centre $d\theta$, on a $dl = R\,d\theta$, R étant le rayon du cercle, ou en divisant par dt :

$$\frac{dl}{dt} = R\frac{d\theta}{dt}, \text{ c'est-à-dire : } V = \omega R$$

relation fondamentale entre la vitesse linéaire et la vitesse angulaire. (La vitesse V produite par ω est tangente à l'élément dl et dirigée dans le sens du mouvement.)

Si dS est un élément de sphère correspondant à un

angle solide $d\Theta$, on a $dS = R^2\, d\Theta$, R étant le rayon de la sphère ; ou en divisant par dF :

$$\frac{dF}{dS} = \frac{1}{R^2} \frac{dF}{d\Theta}$$

c'est-à-dire :

$$P = \frac{\Pi}{R^2}$$

relation fondamentale entre la pression superficielle et la pression angulaire. (La pression P, produite par Π, est normale à l'élément dS et dirigée dans le sens de la contrainte.)

Mouvement d'une ligne. Si en chaque point M, M', M''... d'une ligne de l'espace on trace un élément de droite dl, et que tous ces éléments dl, dl', dl'' soient alliés à un *seul* élément de temps dt, c'est-à-dire si tous les points de la ligne se meuvent *simultanément*, on dit que la ligne est en état de mouvement, et si tous les éléments dl sont tangents à la ligne, on dit que la ligne se meut sur elle-même (*ligne de flux*).

Contrainte d'une ligne. Si en chaque point M, M' M''... d'une ligne de l'espace on trace un élément de plan dS, et si tous ces éléments dS, dS', dS''... sont alliés à un *seul* élément d'éther (ou de force) dF, on dira que la ligne est en état de *contrainte*, et si tous les éléments dS sont normaux à la ligne, on dira que la ligne est contrainte sur elle-même (*ligne de pression* ou *tube de force*)[1].

Mouvement sur une ligne. Considérons une ligne courbe quelconque L et représentons le temps par une

[1] L'expression *ligne de force* est incorrecte, car la force dF agit dans l'élément dS, c'est-à-dire dans la section du tube de force; au contraire, la pression est tangente à la ligne contrainte.

ligne droite T. Si les éléments dl de la courbe L correspondent un à un aux éléments dt de la droite T, on aura

$$x = \varphi(t) \qquad y = \chi(t) \qquad z = \psi(t)$$

x, y, z étant les coordonnées d'un point de la courbe L et t l'abscisse qui détermine la position du point correspondant sur la droite T. Ces équations représentent un mouvement sur la courbe L. Comme on a :

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2},$$

la vitesse à l'époque t sera :

$$V = \sqrt{\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\chi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\psi}{dt}\right)^2}$$

Contrainte sur une surface. Considérons une surface courbe quelconque S et représentons l'éther par un plan F. Si les éléments dS de la surfaceS corresponde nt un à un aux éléments dF du plan F, on aura :

$$x = \varphi(u, v) \qquad y = \chi(u, v) \qquad z = \psi(u, v)$$

x, y, z étant les coordonnées d'un point de la surface S, tandis que u et v sont les coordonnées qui déterminent la position de l'élément correspondant dF dans le plan F. Ces équations représentent une contrainte sur la surface S. Comme on a :

$$dS = \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}\, du\, dv \left(\text{en posant } A = \frac{d\chi}{du}\frac{d\psi}{dv} - \frac{d\chi}{dv}\frac{d\psi}{du}\right)$$

et que $dF = du\, dv$, on a :

$$P = \frac{dF}{dS} = \frac{1}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}}$$

La surface S est appelée *surface de niveau* ou *surface équipotentielle.*

Des formes fondamentales. Chacun des trois champs géométriques fondamentaux est supposé continu, homogène, identique à lui-même en toutes ses parties et dans tous les sens, infini suivant toutes ses dimensions et enfin rigide.

Dans le cas de l'espace, la rigidité s'exprime en disant qu'un corps (ou une figure) est rigide lorsque la distance de ses différents points demeure invariable, ou, si l'on veut, lorsque ce corps ou cette figure ne se déforme ni sous l'influence d'un mouvement, ni sous l'influence d'une contrainte statique.

Lorsqu'une forme rigide peut se déplacer en restant en coïncidence avec elle-même, on dira que cette forme est *fondamentale* au point de vue cinématique. Ainsi la ligne droite et un angle dièdre égal à 2π sont les formes fondamentales, l'une de translation, l'autre de rotation ; en effet, la ligne droite, par exemple, peut se mouvoir sur elle-même sans se déformer, c'est-à-dire que tous ses points peuvent posséder simultanément des vitesses égales et parallèles $\left(V = \frac{dl}{dt}\right)$ tangentes à la droite, sans que sa rigidité en soit affectée. Ou encore un même élément de temps dt peut être allié à tous les éléments dl d'une droite sans que cette droite supposée rigide tende à être disloquée, ce qui n'aurait pas lieu pour une courbe quelconque.

De même, en statique, le plan et l'angle solide 4π autour d'un point O seront des formes fondamentales, c'est-à-dire qu'un plan rigide, par exemple, peut posséder en tous ses points des pressions normales, égales et parallèles $\left(P = \frac{dF}{dS}\right)$ sans que les différentes parties de ce plan tendent à être séparées. Ou encore un

même élément d'éther dF peut être allié à tous les éléments dS d'un plan, sans que ce plan supposé rigide tende à être disloqué (ce qui n'aurait pas lieu avec les éléments dS d'une surface quelconque).

Relativité des mouvements et des contraintes. Si une droite rigide glisse sur elle-même avec une vitesse $V = \frac{dl}{dt}$, c'est-à-dire si tous ses points possèdent des vitesses tangentielles égales, tout se passe comme si cette droite restait immobile et comme s'il existait en chaque point de l'espace une vitesse égale, parallèle à la première, mais de sens contraire (relativité de la translation). Ceci revient à dire que si un élément de temps dt se manifeste positivement sur les éléments dl d'une droite, il se manifeste négativement sur tous les éléments de l'espace parallèles à dl.

De même, si un plan est contraint sur lui-même, c'est-à-dire si tous ses points possèdent des pressions normales égales $P = \frac{dF}{dS}$, tout se passe comme si ce plan n'était pas contraint et comme s'il existait en tous les points de l'espace une pression égale et parallèle — P, de sens contraire. Ceci revient à dire que si un élément dF d'éther se manifeste positivement sur tous les éléments dS d'un plan, il se manifeste négativement sur tous les éléments de l'espace parallèles à dS.

On voit que les phénomènes de contrainte attribués à l'électricité ou au magnétisme ne sont que la manifestation de l'éther dans l'espace (comme le mouvement pur n'est que la manifestation du temps dans l'espace). Lorsque la contrainte s'exerce sur un plan, on dit que ce plan possède une densité superficielle (proportionnelle à $P = \frac{dF}{dS}$), et qu'il produit un *champ électrostatique*

dans tout l'espace ; mais ce champ électrostatique ne fait qu'exprimer le principe de l'égalité de l'action superficielle et de la réaction superficielle ou le principe de la relativité de la contrainte superficielle.

Si une droite rigide tourne sur elle-même avec une vitesse angulaire ω, tout se passe comme si cette droite ne tournait pas et que tout l'angle 2π autour de cette droite tournât en sens contraire avec une vitesse égale $-\omega$; ou encore tout se passe comme s'il existait en chaque point de l'espace une vitesse linéaire $-V = -\omega R$, normale au plan déterminé par ce point et l'axe de la rotation. C'est le principe de la relativité du mouvement angulaire.

De même si un point O est contraint par une pression angulaire Π, tout se passe comme si ce point O n'était pas contraint et comme s'il existait dans tout l'angle solide 4π autour du point O une pression angulaire $-\Pi$ égale et opposée, c'est-à-dire dirigée vers le point O ; ou encore tout se passe comme s'il existait en chaque point de l'espace une pression superficielle $-P = \frac{-\Pi}{R^2}$ dirigée vers le point O (d'après la relation donnée plus haut entre la pression superficielle et la pression angulaire).

On voit qu'une pression angulaire Π est ce qu'on appelle une *masse statique* (magnétique ou électrique). On a donc par définition $\Pi = M$.

Comme la réaction angulaire $-\Pi$ donne en chaque point de l'espace une pression superficielle $-P = \frac{-\Pi}{R^2}$ on dit que *les masses s'attirent ou se repoussent en raison inverse du carré de la distance*. Mais cette loi

n'est que l'expression du principe d'égalité entre l'action angulaire et la réaction angulaire ou du principe de la relativité de la contrainte angulaire[1].

Par définition, la pression angulaire $\Pi = \frac{dF}{d\Theta} = \frac{F}{4\pi}$ et puisqu'une masse M n'est pas autre chose que Π, on a : $M = \frac{F}{4\pi}$. Telle est l'*expression de la masse statique en fonction de la force*, et cette relation est la même que l'équation relative au flux de force à travers une surface. Le flux de force dF à travers une surface dS n'est que la quantité d'éther (ou de force) alliée à cette surface.

Remarque. Une sphère électrisée de rayon R est équivalente à une masse statique M placée en son centre, puisqu'une pression angulaire Π en un point O est équivalente à une pression superficielle $P = \frac{\Pi}{R^2}$ sur une sphère de rayon R.

La masse statique M ou pression angulaire Π est égale à $\frac{F}{4\pi}$, F étant la force ou quantité d'éther alliée à l'angle 4π. Donc la masse correspondant à l'unité de surface de la sphère de rayon R est $\frac{\Pi}{4\pi R^2}$ ou $\frac{F}{16\pi^2 R^2}$. Cette masse est la densité superficielle δ sur la sphère de rayon R, lorsqu'on considère l'électricité comme une couche de matière répandue sur une surface; on a donc $\delta = \frac{F}{16\pi^2 R^2}$ ou $4\pi\delta = \frac{F}{4\pi R^2} = P$.

[1] La loi de Coulomb apparaît ainsi non plus comme une loi empirique, mais comme l'expression d'un principe mécanique.

formule connue. Or, l'électricité, c'est la pression P elle-même, et il n'y a pas lieu d'introduire des masses ou des densités électriques. La formule $4\pi\delta = P$ veut dire simplement que si l'on tient à considérer l'électricité comme une matière, il faut lui attribuer une densité superficielle $\delta = \frac{P}{4\pi}$.

L'équivalence entre une sphère électrisée et une masse statique (ou entre une pression superficielle P et une pression angulaire $\Pi = PR^2$) est analogue à l'équivalence entre une vitesse linéaire V et une vitesse angulaire $\omega = \frac{v}{R}$. En effet, le principe de la relativité du mouvement angulaire s'applique aussi bien à un cylindre de rayon R qu'à une droite mathématique. Si ce cylindre tourne sur son axe, tout se passe comme s'il ne tournait pas, et que tout l'espace tournât en sens contraire ; tout point à l'intérieur du cylindre a alors une vitesse nulle, et tout point extérieur une vitesse $-v = -\omega R$. De même pour la sphère électrisée, en tout point intérieur la pression superficielle sera nulle, et en tout point extérieur elle sera $= -\frac{\Pi}{R^2}$.

Comparaison entre les mouvements et les contraintes. Il résulte de ce qui précède que les vitesses linéaires correspondent aux pressions superficielles, et les vitesses angulaires aux pressions angulaires (ou masses).

Tout mouvement infiniment petit d'un corps rigide peut être obtenu d'une infinité de manières différentes par une double rotation autour de deux droites (dites droites conjugées). Si l'on choisit l'une des deux droites à l'infini, une des rotations devient une translation, et le mouvement résultant est un mouvement hélicoïdal.

De même toute contrainte infiniment petite d'un corps rigide pourra être obtenue d'une infinité de manières différentes par une double pression angulaire, c'est-à-dire par deux masses ou pôles statiques. Si l'on choisit un des pôles à l'infini, une des pressions angulaires devient une pression superficielle, et l'on peut dire que la contrainte superficielle la plus générale est celle produite par une pression angulaire Π et une pression superficielle P. En effet, en chaque point de l'espace, la pression superficielle sera la résultante de la pression constante — P, due à P, et de la pression $\frac{-\Pi}{R^2}$, due à Π et dirigée vers O. On obtient bien ainsi les mêmes lignes de pression qu'avec deux pôles magnétiques, dont l'un est à l'infini.

Une pression superficielle combinée avec une pression angulaire est au fond ce qu'on appelle *une force appliquée à une masse statique.*

Conclusion. Dans tout ce qui précède, il n'est pas encore question de *matière.* On peut dire seulement que tous les phénomènes dynamiques (électro-magnétiques) sont des combinaisons de grandeurs des trois champs fondamentaux (temps, éther, espace) et que le nombre de ces combinaisons est limité par la loi de l'homogénéité.

La conception des champs géométriques à n dimensions (champs dont la nature dépend du nombre des dimensions) conduit ainsi à une géométrie qu'on peut appeler *métagéométrie*, par opposition à la pangéométrie (où l'on suppose que le nombre des dimensions n'altère pas la nature d'un champ et où l'on traite tout champ à n dimensions comme un *champ spatial*).

APPENDICE

Pour obtenir tous les phénomènes de la statique (indépendants de la matière), il faut combiner toutes les grandeurs du champ géométrique de l'éther avec les grandeurs correspondantes de l'espace. Si l'on représente graphiquement l'éther par un plan, on doit admettre que l'éther contient trois sortes de grandeurs, puisqu'un plan contient des aires, des longueurs et des angles plans. Nous avons dit que toute grandeur superficielle F dans l'éther est une *force* (exprimable en grammes). Un élement de force dF allié à un élément de surface dS est une pression superficielle $P = \frac{dF}{dS}$; un élément de force dF allié à un angle solide $d\Theta$ est une pression angulaire (ou masse statique) $\Pi = M = \frac{dF}{d\Theta} = \frac{F}{4\pi}$.

De même toute grandeur linéaire f dans l'éther sera une *racine de force* $(f = \sqrt{F})$, c'est-à-dire une *force électromotrice* (ou une *différence de potentiel*) exprimable en *racine de grammes*, c'est-à-dire en *volts*. Un élément linéaire de force df, ayant une seule dimension, pourra être allié dans l'espace soit à un élément de longueur dl, soit à un élément d'angle dièdre $d\theta$. Si un élément de force linéaire df est allié à un élément de longueur dl, il en résultera une *pression linéaire* ou mieux *tension linéaire* $p = \frac{df}{dl}$, représentée par un vecteur tangent à l'élément dl. Si un élément de force linéaire df est allié à un angle dièdre $d\theta$, il en résultera une *tension angulaire* $\varpi = \frac{df}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$; f étant la force électromotrice correspondant à l'angle dièdre total 2π; on représentera la pression angulaire ϖ par un vecteur porté par l'arête du dièdre 2π [1].

[1] L'équation $\varpi = \frac{f}{2\pi}$ est analogue à l'équation $M = \frac{F}{4\pi}$.

Relation entre les tensions p *et* $\tilde{\omega}$. Soit D une droite supportant une tension angulaire $\tilde{\omega} = \frac{df}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$ et soit M un point de l'espace situé à la distance R de la droite D. Soit MM′ $= dl$ un élément de longueur normal au plan MD, on a : $dl = \mathrm{R}\, d\theta$, $d\theta$ étant l'angle dièdre correspondant à l'élément MM′ ; ou en divisant par df :

$$\frac{df}{dl} = \frac{1}{\mathrm{R}} \quad \frac{df}{d\theta}$$

c'est-à-dire :

$$p = \frac{\tilde{\omega}}{\mathrm{R}}$$

Ainsi, une tension angulaire $\tilde{\omega}$ supportée par une droite D est équivalente en chaque point M de l'espace à une tension linéaire p, qui varie en raison inverse de la distance et qui est normale au plan MD.

Appliquons le principe de la relativité des contraintes :

Si un élément linéaire d'éther df est allié à tous les éléments dl d'une droite D, c'est-à-dire si cette droite D supporte en chacun de ses points une tension linéaire $p = \frac{df}{dl}$ tangente à la droite (ou encore si sur chaque élément dl de la droite D se trouve une force électromotrice df), tout se passe comme si la droite D ne supportait pas de tension et comme si chaque élément de l'espace égal et parallèle à l'élément dl supportait une tension linéaire $-p = \frac{-df}{dl}$ de sens contraire. Tel est le phénomène de l'*induction électrostatique* ou des courants de déplacement ; mais l'expression : courant de déplacement est impropre, puisqu'il n'y a ni courant ni déplacement.

Si un élément linéaire d'éther df est allié à tous les angles dièdres élémentaires $d\theta$, que l'on peut concevoir autour d'une droite D, c'est-à-dire si la droite D supporte une tension angulaire $\tilde{\omega} = \frac{df}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$, tout se passe comme si la droite D ne supportait pas de tension angulaire $\tilde{\omega}$ et comme si tout l'espace supportait une tension angulaire égale et de sens contraire $-\tilde{\omega}$. Or, cette tension angu-

laire — $\tilde{\omega}$ est équivalente en chaque point M de l'espace à une tension linéaire $-p = \frac{-\tilde{\omega}}{R}$ (d'après la formule donnée plus haut) perpendiculaire au plan MD. Tel est le phénomène de l'*induction magnétostatique* induction qui varie en raison inverse de la distance.

Si une droite D supporte à la fois une tension linéaire tangentielle p et une tension angulaire $\tilde{\omega}$, tout se passera comme si la droite D ne supportait ni la tension p ni la tension $\tilde{\omega}$ et comme si l'espace tout entier supportait une contrainte inverse. Cette contrainte inverse sera équivalente en chaque point M de l'espace à une tension linéaire qui sera la résultante de la tension constante — p parallèle à D et due à p (tension électrostatique) et de la tensìon $-\frac{\tilde{\omega}}{R}$ perpendiculaire au plan MD et due à — $\tilde{\omega}$ (tension magnétostatique). En construisant les lignes de tension tangentes à cette tension résultante, on obtiendra les lignes les plus générales d'induction statique (électromagnétique)[1].

Ainsi, de même qu'une pression superficielle $P = \frac{dF}{dS}$ est une pression électrique et qu'une presion angulaire $\Pi = \frac{dF}{d\Theta} = \frac{F}{4\pi}$ est une masse magnétique, de même une tension linéaire $p = \frac{df}{dl}$ est une tension électrique et une tension angulaire $\tilde{\omega} = \frac{df}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$ est une tension magnétique. La pression angulaire Π est équivalente à une pression superficielle $P = \frac{\Pi}{R^2}$ dirigée vers le centre de pression angulaire, et la tension angulaire $\tilde{\omega}$ est équivalente à une tension linéaire $p = \frac{\tilde{\omega}}{R}$, normale au plan méridien de la tension angulaire.

[1] Ces lignes sont des hélices dont le pas est proportionnel au carré de la distance R; et ces hélices représentent les lignes les plus générales de tension, c'est-à-dire la contrainte la plus générale d'un espace en état de tension.

Dimensions des unités électrostatiques. Lorsqu'on prend comme unités fondamentales de la mécanique les unités C. G. S., le centimètre est considéré comme une longueur L, le gramme comme une masse (dynamique) M et la seconde comme une durée S. Le gramme considéré comme force F a alors comme dimension

$$[F] = [L][M][T^{-2}]$$

et le *volt* ou force *électromotrice* E a pour dimension :

$$[E] = [L^{\frac{1}{2}}][M^{\frac{1}{2}}][T^{-1}]$$

c'est-à-dire que

$$[E] = [F^{\frac{1}{2}}] = f$$

ou, si l'on veut : *les volts sont exprimables en racines de gramme* (lorsqu'on considère le gramme comme une force), de même qu'un pied est exprimable en mètres. En effet, l'éther ayant deux dimensions, contient deux sortes de grandeurs : une grandeur linéaire f, qui s'exprime en volts, et une grandeur superficielle F, qui s'exprime en grammes ; mais il serait préférable de remplacer le volt par la racine du gramme.

Les unités fondamentales sont donc : la seconde pour le temps ; la racine du gramme et le gramme pour l'éther ; le mètre, le mètre carré et le mètre cube pour l'espace.

A côté de ces unités, on a adopté d'autres unités qui ne sont plus des unités simples mais des unités dérivées correspondant à des concepts tout à fait arbitraires. Ainsi, une *quantité d'électricité statique* Q a pour dimensions :

$$[Q] = [L^{\frac{3}{2}}][M^{\frac{1}{2}}][T^{-1}] = [L][F^{\frac{1}{2}}]$$

c'est-à-dire que si un élément linéaire d'éther df est allié à un élément de longueur dl, le produit $df \,.\, dl$ est la quantité d'électricité supposée distribuée sur l'élément dl. En effet :

$$dl \,.\, df = dl \; d\sqrt{F} = dQ$$

La *capacité* d'un élément dl est égale à dl, c'est-à-dire que la dimension de la capacité est :

$$\left[C\right] = \left[L\right]$$

Comme $dQ = df \,.\, dl$, on a aussi

$$dl = \frac{dQ}{df}$$

c'est-à-dire que la capacité égale la quantité d'électricité dQ divisée par la force électromotrice (ou différence de potentiel) df.

Le travail électromoteur est par définition égal au produit QE, c'est-à-dire : $(df \,.\, dl) \times df$ ou $dl\, df^2$, ou encore $dl\, dF$, c'est donc bien le produit d'une force par une longueur.

L'*intensité* i d'un courant en électrostatique a pour dimension :

$$\left[i\right] = \left[L^{\frac{3}{2}}\right]\left[M^{\frac{1}{2}}\right]\left[T^{-2}\right] = \left[F^{\frac{1}{2}}\right]\left[L\right]\left[T^{-1}\right]$$

c'est une racine de force multipliée par une vitesse, notion qui implique le temps T et qui, par conséquent, doit être exclue de la statique. La mesure d'un courant dit électrostatique est sa tension $p = \frac{df}{dl}$ (pour les courants linéaires) ou $\varpi = \frac{df}{d\theta} = \frac{f}{2\pi}$ (pour les courants angulaires). Cette mesure est indépendante du temps ; elle est exprimée en volts par mètres ou en volts par degrés.

Enfin, la *résistance* électrostatique a pour dimension

$$\left[R\right] = \left[T\right]\left[L^{-1}\right]$$

La résistance doit donc aussi être exclue de la statique.

Il existe encore d'autres phénomènes statiques que ceux que nous avons considérés jusqu'ici, car l'éther étant comparable à un plan, contient trois sortes de grandeurs : les

volts correspondant aux mètres, les grammes correspondant aux mètres carrés et une grandeur angulaire qui correspondra aux degrés. Cette dernière grandeur, que nous n'avons pas encore interprêtée et qui a une dimension, pourra être alliée dans l'espace, soit à des longueurs, soit à des angles dièdres. Une fois la statique ainsi complétée, il sera possible d'aborder les phénomènes dynamiques, qui sont plus compliqués, puisqu'ils mettent en jeu simultanément les trois champs fondamentaux.

Exemple de phénomène dynamique. Soit dt un élément de temps, df un élément linéaire d'éther et dl un élément de longueur. Ces trois éléments ayant chacun une dimension, peuvent être alliés, et le phénomène résultant de l'union de ces trois grandeurs est un *courant électrodynamique.* On a identiquement :

$$\frac{df}{dt} = \frac{df}{dl} \cdot \frac{dl}{dt}$$

ou bien :

$$\frac{df \cdot dl}{dt} = \frac{df}{\left(\frac{dt}{dl}\right)}$$

L'expression $df \cdot dl$ est la quantité d'électricité dQ supposée distribuée sur l'élément dl. Donc

$$\frac{df\,dl}{dt} = \frac{dQ}{dt} = i$$

i étant l'*intensité* du courant. La quantité df est une force électromotrice E, et la quantité $\frac{dt}{dl}$ est l'inverse d'une vitesse, c'est-à-dire une résistance r. On a donc

$$i = \frac{E}{r}$$

Cette équation est la loi de Ohm appliquée, non à un fil conducteur, mais à une ligne de l'espace. La résistance R est donc la résistance de l'espace, ou le rapport entre

l'unité de temps et l'unité de longueur, rapport qui est l'inverse d'une vitesse (vitesse de la lumière).

Il est toutefois plus rationnel de remplacer la notion de quantité d'électricité ($dQ = df \, . \, dl$), qui ne correspond à aucune réalité physique, par la quantité d'éther (ou force électromotrice) df. L'intensité d'un courant est alors mesurée par le rapport $I = \frac{df}{dt}$, et comme $\frac{df}{dt} = \frac{df}{dl} \cdot \frac{dl}{dt}$ on a :

$$I = p \, . \, v = \frac{p}{r}$$

c'est-à-dire que l'intensité égale la tension divisée par la résistance.

Deuxième exemple. La loi de Joule

$$W = r \, i^2 \, t$$

qui donne l'expression de l'*énergie* W d'un courant, peut s'écrire, en conservant les notations précédentes :

$$dF \, . \, dl = \frac{dt}{dl} \left(\frac{dQ}{dt} \right)^2 dt = \frac{dt}{dl} \left(\frac{df \, . \, dl}{dt} \right)^2 dt$$

équation dans laquelle dF représente une force. Or, cette équation est une identité si l'on admet que $dF = df^2$, c'est-à-dire si l'on admet qu'il existe dans l'éther deux sortes de grandeurs (ou deux sortes de forces) dont l'une est le carré de l'autre.

En résumé, les unités fondamentales de la mécanique sont :

Pour le temps : la seconde (unité de durée).

Pour l'éther : la racine du gramme (unité de force électromotrice) ;
le gramme (unité de force);
et une grandeur angulaire non encore interprétée.

Pour l'espace : le mètre (unité de longueur);
le mètre carré (unité d'aire);
le mètre cube (unité de volume) ;
le degré (unité d'angle dièdre);
le degré carré (unité d'angle solide).

SUR UNE PROPRIÉTÉ

DE

L'ELLIPSOÏDE D'ÉLASTICITÉ

RELATIVE AUX

FORCES ÉLASTIQUES TANGENTIELLES

PAR

L. DE LA RIVE

Pour obtenir l'élément plan sur lequel s'exerce une force élastique représentée en grandeur et en direction par un rayon vecteur de l'ellipsoïde des forces élastiques dont les axes sont a, b, c, il faut considérer le rayon vecteur ayant cette même direction dans l'ellipsoïde dont les axes sont $\sqrt{a}$, $\sqrt{b}$, $\sqrt{c}$, et mener le plan tangent au point déterminé par ce vecteur. La projection du rayon vecteur sur ce plan est la composante tangentielle de la force élastique considérée, et le problème dont on donne ici la solution est de déterminer quelle est la direction du rayon vecteur pour laquelle la composante tangentielle est maxima.

Les coordonnées rectangulaires X, Y, Z correspondent aux axes a, b, c; un plan parallèle au plan tangent

indiqué ci-dessus passant par l'origine a pour équation :

$$\frac{xx'}{a} + \frac{yy'}{b} + \frac{zz'}{c} = 0$$

Introduisant les coordonnées polaires :

$$x' = r \sin\psi \cos\varphi \qquad y' = r \sin\psi \sin\varphi \qquad z' = r \cos\psi$$

les cosinus de la normale N au plan tangent avec les axes sont

$$\frac{\dfrac{\sin\psi \cos\varphi}{a}}{\sqrt{\dfrac{\sin^2\psi \cos^2\varphi}{a^2} + \dfrac{\sin^2\psi \sin^2\varphi}{b^2} + \dfrac{\cos^2\psi}{c^2}}}$$

et

$$\frac{\dfrac{\sin\psi \sin\psi}{b}}{D}, \qquad \frac{\dfrac{\cos\varphi}{c}}{D}$$

en désignant par D le radical.

D'autre part, on obtient le cosinus de l'angle de la normale N avec le rayon vecteur R par le produit des cosinus respectifs des angles avec les axes, d'où

$$\cos. NR = \frac{\dfrac{\sin^2\psi \cos^2\varphi}{a} + \dfrac{\sin^2\psi \cos^2\varphi}{b} + \dfrac{\cos^2\psi}{c}}{D}$$

Le rayon vecteur R′ de l'ellipsoïde des forces est :

$$R'^2 = \frac{1}{D^2}$$

Le carré de la projection est donc :

$$R'^2 \left[1 - \cos^2 NR\right] = R'^2 - \frac{R'^4}{R^4}$$

Pour obtenir les valeurs de ψ et de φ, donnant le maximum, il faut égaler à 0 les dérivées premières de cette expression par rapport à ψ et à φ. Les facteurs communs R et R', qui ne peuvent devenir ni nuls ni infinis, peuvent être supprimés. Il en résulte les deux équations :

$$(1)\ \sin\psi\cos\psi\left[\frac{\cos^2\varphi}{a}+\frac{\sin^2\varphi}{b}-\frac{1}{c^2}\right]\left[R^2-\frac{2R'^2}{R^2}+2\right]\left[\frac{\cos^2\varphi}{a}+\frac{\sin^2\varphi}{b}-\frac{1}{c}\right]=0$$

$$(2)\ \mathrm{Sin}\,\varphi\cos\varphi\sin^2\psi\left[\left[-\frac{1}{a^2}+\frac{1}{b^2}\right]\left[R^2-\frac{2R'^2}{R_2}\right]+2\left[-\frac{1}{a}+\frac{1}{b}\right]\right]=0$$

Les trois solutions :

$$\psi=0 \text{ et } \psi=\frac{\pi}{2}\left\{\begin{array}{l}\varphi=0\\ \varphi=\frac{\pi}{2}\end{array}\right.$$

donnent les trois sommets, c'est-à-dire les minima. Le facteur qui dans l'équation (2) multiplie le facteur $\sin\varphi\cos\varphi\sin^2\psi$, lorsqu'on l'égale à 0 et qu'on introduit ce résultat dans (1), donne lieu à une impossibilité. Par conséquent (2) se réduit à

$$\sin\varphi\cos\varphi\sin^2\psi=0$$

d'où les deux solutions $\varphi=0$, $\varphi=\frac{\pi}{2}$.

La première donne pour (1)

$$R^2-\frac{2R'^2}{R^2}+\frac{2ac}{a+c}=0$$

qui se met sous la forme après réduction,

$$\mathrm{tg}^4\psi+\mathrm{tg}^2\psi\frac{(c^2-a^2)}{c^2}-\frac{a^2}{c^2}=0$$

donnant :

$$\mathrm{tg}^2\psi=-\frac{(c^2-a^2)\pm(c^2+a^2)}{2c^2}$$

Des deux solutions impliquées par cette expression

$$(3) \qquad \mathrm{tg}^2\,\psi = \frac{a^2}{c^2} \text{ ou } \mathrm{tg}\,\psi = \pm\frac{a}{c}$$

est seule reelle.

En portant la valeur (3) de tg ψ, qui correspond à un maximum, dans celle du cosinus de l'angle de R avec l'axe des Z, qui est :

$$(4) \qquad \frac{\frac{1}{c}}{\sqrt{\frac{\mathrm{tg}^2\,\psi}{a^2}+\frac{1}{c^2}}}$$

on trouve $\frac{1}{\sqrt{2}}$.

Cet angle est donc de 45°. Cette même valeur (3), portée dans l'expression du carré de la projection, donne $\frac{(a-c)^2}{4}$. Par conséquent la valeur maxima cherchée est :

$$(5) \qquad \pm\frac{a-c}{2}$$

La seconde solution fournie par $\varphi = \frac{\pi}{2}$ s'obtient immédiatement en remplaçant a par b, et la valeur correspondante pour la projection est

$$\pm\frac{b-c}{2}$$

En supposant $a > b > c$, le maximum est donné par la première solution; les conditions du maximum sont :

Le rayon vecteur de l'ellipsoïde est dans la section principale du plus grand et du plus petit axe, et la

tangente de son angle avec l'un des axes est égale au rapport inverse des deux axes. La normale au plan tangent est à 45°, et la valeur de la projection ou de la force élastique tangentielle est la demi-différence des deux axes.

Nous avons supposé que les trois forces élastiques principales sont de même signe. Lorsqu'au contraire deux des forces sont d'un signe et la troisième de signe contraire, la surface à laquelle les éléments plans sont tangents devient l'ensemble de deux hyperboloïdes conjugués. Les calculs qui précèdent s'appliquent à ce cas, et il suffit de changer le signe de l'axe, qui est de signe contraire aux deux autres. Les formules (3) et (4) restent les mêmes, mais (5) devient

$$\frac{a+c}{2}$$

c'est-à-dire que la valeur de la force tangentielle maxima est beaucoup plus considérable, puisqu'elle est égale à la demi-somme des axes, au lieu de la demi-différence.

Il est à remarquer que la force tangentielle qu'on obtient lorsque le rayon vecteur est parallèle à une génératrice du cône asymptote à une valeur inférieure à la composante tangentielle maxima. On la trouve en portant dans $R'^2 \sin^2 NR$ la valeur que prend tg ψ pour les asymptotes de l'hyperbole dont $\sqrt{a}$ et $\sqrt{c}$ sont les deux axes, c'est-à-dire $\sqrt{\frac{a}{c}}$ au lieu de $\frac{a}{c}$. La valeur qui en résulte pour la projection est $\sqrt{ac}$, qui est moindre que $\frac{a+c}{2}$.

ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

L'ÉLECTROLYSE DES CHLORURES ALCALINS

(1er Mémoire).

Théorie élémentaire des Electrolyseurs à diaphragmes

PAR

Philippe-A. GUYE

(*Suite*[1].)

CHAPITRE II

Production en soude d'un électrolyseur a diaphragme

Divers modes de fonctionnement d'un électrolyseur à diaphragme. — Une des caractéristiques les plus frappantes des électrolyseurs à diaphragmes, appliqués à la production de la soude, réside dans ce fait que pour une même quantité d'énergie électrique absorbée par un de ces appareils, la quantité de soude obtenue dépend du mode de fonctionnement choisi.

Précisons donc les principaux modes de fonctionnement d'un électrolyseur à diaphragme.

Le premier consiste à charger en une seule fois

[1] Voir *Archives*, juin 1903, t. V, p. 612.

l'appareil au moyen d'une solution de sel généralement saturée, à mettre l'électrolyse en marche, et à la pousser jusqu'à ce que la solution cathodique ait une teneur donnée en alcali ; on soutire à ce moment la solution cathodique pour la remplacer par une solution fraîche. Ce mode de fonctionnement que nous appellerons «*marche par cuvée*» peut être pratiqué soit avec une solution de chlorure initiale qui s'appauvrit peu à peu en sel dans le compartiment cathodique à mesure que la soude caustique se forme, soit en maintenant à peu près constante pendant toute l'opération, la concentration en sel, par exemple, par addition de sel solide en excès.

Dans le second mode de fonctionnement, que nous désignerons sous le nom de « *marche en régime,* » le compartiment cathodique est constamment alimenté par une solution de sel, généralement concentrée, introduite soit à intervalles fixes (par exemple toutes les heures), soit par un afflux régulier convenablement réglé ; par un trop plein, un volume égal de solution de soude salée s'écoule d'une façon intermittente dans le premier cas, d'une manière régulière et continue dans le second.

L'alimentation du compartiment cathodique est *directe* si la solution fraîche est introduite directement dans ce compartiment ; elle est *indirecte* si elle pénètre d'abord dans le compartiment anodique pour passer de là, à travers le diaphragme, dans le compartiment cathodique.

Pour une même dépense d'énergie électrique, on n'obtient pas les mêmes quantités de soude à la même concentration par la « marche par cuvée » et par la « marche en régime. » Abstraction faite du temps em-

ployé pour la vidange de l'appareil, il est évident que la première est plus avantageuse que la seconde au point de vue de l'utilisation de l'énergie électrique. Néanmoins, on n'a pas encore donné les relations numériques qui les caractérisent et permettent de les comparer utilement. Nous allons chercher à les établir.

Formule de la marche par cuvée. — Le problème se pose en fait comme suit :

Dans le compartiment cathodique et dans le compartiment anodique d'un électrolyseur à diaphragme on introduit une solution de chlorure de sodium ; le volume de la solution cathodique est de V *litres. On fait passer le courant. On demande la concentration en soude* (NaOH) *de la solution cathodique après le passage d'une quantité d'électricité égale à* mF, *soit* $m \times 96540$ *coulombs.*

Nous supposerons que la soude formée dans le compartiment cathodique se mélange très rapidement au liquide cathodique, de telle sorte que la composition de celui-ci puisse être regardée comme constamment homogène.

A un instant donné, la concentration en soude est de c M.gr./ L NaOH. Dans le temps infiniment petit qui suit, la quantité d'électricité qui passe est égale à dF. A la concentration c le rendement est donné par la relation $r = f(c)$.

La quantité totale de soude produite par le passage de dF est égale à $r\ d$F Mol.gr NaOH. Il en résulte une augmentation dc de la concentration moléculaire en NaOH et Vdc de la quantité totale de soude dans le compartiment cathodique. On a ainsi la relation fondamentale

$$r d\mathrm{F} = \mathrm{V}\ dc$$

ou, remplaçant r par sa valeur $f(c)$, et séparant les variables

$$dF = V \frac{dc}{r} = V \frac{dc}{f(c)} \qquad (8)$$

Cette équation différentielle intégrée, entre les limites o à m pour F, et o à c pour c, devient

$$\int_o^m dF = V \int_o^c \frac{dc}{f(c)} \qquad (9)$$

ou en désignant par $\varphi(c)$ la valeur de $\int_o^c \frac{dc}{f(c)}$

$$m = V \times \varphi(c) \qquad (10)$$

Telle est la formule générale qui donne le résultat cherché.

Si l'on attribue à r la forme de la relation (7), on aura

$$\int dF = V \int (1 + ac)^{\frac{1}{3}} dc \qquad (11)$$

et par intégration

$$F = V \frac{3}{4} \frac{1}{a} (1 + ac)^{\frac{4}{3}} + \text{Constante} \quad (12)$$

ou, en passant à l'intégrale définie, entre les limites ci-dessus,

$$m = V \frac{3}{4} \frac{1}{a} \left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1 \right] \qquad (13)$$

Cette expression donne directement le nombre de F nécessaire pour amener la concentration cathodique à c M.gr./L NaOH.

Si l'on veut calculer au contraire, la concentration cathodique c (en M.gr./L NaOH), à laquelle on arrive

en faisant passer dans l'appareil une quantité d'électricité égale à m F, il suffit de poser.

$$Q = \frac{4\,m\,a}{3\,V} + 1$$

pour tirer de l'équation (13), la nouvelle relation

$$c = \frac{Q^{\frac{3}{4}} - 1}{a} \qquad (14)$$

qui donne le résultat cherché.

Enfin la production totale P de l'électrolyseur est exprimée par la formule

$$P = Vc \qquad (15)$$

dans laquelle c est donné par la relation (14).

Si l'on donne le courant par son ampérage i et si l'on désigne par t la durée en heures d'une opération par cuvée, le nombre m entrant dans la formule (13) sera exprimé par la relation

$$m = \frac{i \times t \times 3600}{96540} = 0{,}03729\,it$$

Cette formule (13) deviendra alors

$$0{,}03729\,\frac{it}{V} = \frac{3}{4}\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1)\right] \quad (13^{bis})$$

ou

$$\frac{it}{V} = 26{,}82\,\frac{3}{4}\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1)\right] \quad (13^{ter}$$

La quantité $0{,}03729\,\frac{it}{V}$ sera désignée sous le nom de *caractéristique de la marche par cuvée.*

De là résulte : 1° *Pour des solutions électrolysées de concentration initiale identique, tous les électrolyseurs*

à diaphragmes dont la caractéristique de marche par cuvée est la même, donnent des solutions sodiques de même concentration finale, et 2° toutes choses égales d'ailleurs, toutes les opérations par cuvée effectuées dans un même électrolyseur, et pour lesquelles le produit it *reste constant, donnent des solutions sodiques de même concentration finale.*

Enfin la relation (13 *ter*) peut s'écrire

$$t = 26{,}82 \frac{V}{i} \frac{3}{4} \frac{1}{a} \left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1 \right]$$

ou en posant $A = \frac{3}{4} \frac{1}{a} \left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1 \right]$

$$t = \left(26{,}82 \frac{V}{i}\right) A \qquad (13^{\text{quater}})$$

A des temps t_1, t_2, $t_3 \ldots t_n$, la concentration prendra des valeurs c_1, c_2, $c_3 \ldots c_n$, et l'aire A, des valeurs A_1, A_2, $A_3 \ldots A_n$.

De là résulte 3° que *les temps t_1, $t_2 \ldots t_n$ se calculeront aisément en introduisant dans la relation (13 quater) les valeurs de A correspondant aux concentrations c_1, $c_2 \ldots c_n$*; les facteurs en parenthèses sont des constantes pour une électrolyse donnée.

Inversement, *les concentrations obtenues après t heures de marche seront données en calculant la valeur de A à l'aide du premier membre de la relation (13 bis) et en cherchant la valeur correspondante de c.*

Représentation graphique. — Il est utile d'indiquer la signification graphique des résultats précédents.

Si nous traçons une première courbe (fig. 1) représentant l'équation (4), soit $r = f(c)$ l'intégrale $\int \frac{dc}{f(c)}$

représentera l'aire comprise entre les axes des coordonnées et une nouvelle courbe représentée par la fig. 2 et dont l'équation sera $\frac{1}{r} = \psi(c) = \frac{r}{f(c)}$

Si l'on devait représenter r par une expression moins simple que la relation (7) (ce qui peut être nécessaire pour des cas plus complexes que celui de l'électrolyse des chlorures alcalins), on a donc, dans la méthode graphique, un moyen de résoudre le problème de la « marche par cuvée » dans n'importe quel cas. Il suf-

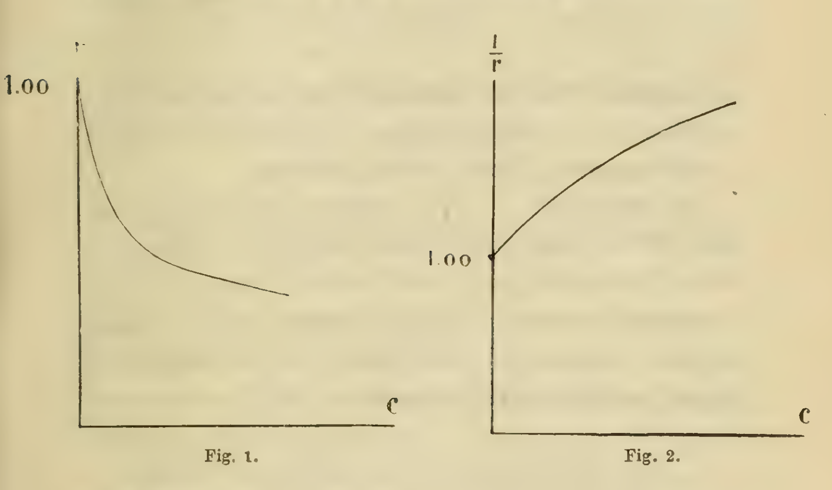


Fig. 1. Fig. 2.

fira de tracer la courbe donnant r en fonction de c, puis celle des valeurs inverses, soit $\frac{1}{r}$ en fonction de c et de faire les mesures d'aires nécessaires à l'aide d'un planimètre [1] pour trouver ainsi les valeurs numériques de $\varphi(c)$ entrant dans la relation (10) :

$$m = V \varphi(c) \qquad (10)$$

[1] Les planimètres de la maison Amsler-Laffon à Schaffhouse, sont à recommander dans ce but.

On construira un tableau donnant pour des valeurs de c croissantes, les valeurs de $\varphi(c)$ correspondantes, tableau qui permettra toujours de trouver la valeur que prend m pour une valeur donnée de c ou vice-versa.

En effet la relation (10) fournira directement la valeur de m correspondant à une valeur de c donnée ; s'il s'agit au contraire de trouver la valeur de c correspondant à une valeur de m donnée, on mettra la relation (10) sous la forme

$$\frac{m}{V} = \varphi(c) \qquad (16)$$

et calculant la valeur numérique du premier membre, soit de $\varphi(c)$ on cherchera dans le tableau la valeur de c correspondant à cette valeur numérique.

Cas particulier. — Si la solution à électrolyser contient de la soude à la concentration de c_1 M.gr./L, avant l'électrolyse par cuvée, celle-ci l'amènera à une concentration finale c_2, qui sera donnée par la relation suivante, déduite de la relation (13) en intégrant le second membre entre les limites c_1 et c_2

$$F = V\left[\frac{3}{4}\frac{1}{a}(1+ac_2)^{\frac{4}{3}} - \frac{3}{4}\frac{1}{a}(1+ac_1)^{\frac{4}{3}}\right]$$

ou, en désignant par i l'intensité du courant, par t la durée de l'opération et pour abréger, par A_1 et A_2 les valeurs de $\frac{3}{4}\frac{1}{a}(1+ac)^{\frac{4}{3}}$ pour les concentrations c_1 et c_2

$$0{,}03729\,\frac{it}{V} = A_2 - A_1 \qquad (17)$$

La concentration en soude étant connue, A_1 sera cal-

culable numériquement, de sorte que l'équation (17) pourra se mettre sous la forme

$$A_1 + 0{,}03729 \frac{it}{V} = A_2 \qquad (17^{bis})$$

Connaissant la valeur numérique du 1[er] membre, c'est-à-dire la valeur de A_2, on cherchera la concentration correspondant à cette valeur de A_2.

Rendement moyen du courant pour une opération par cuvée. — Si l'on se reporte à la figure 1 représentant le rendement en fonction de la concentration, il est évident que le rendement moyen r_m du courant pour une électrolyse par cuvée sera donné par la relation

$$r_m = \frac{1}{c}\int_0^c f(c)\, dc \qquad (A)$$

si la solution primitive ne contient pas de soude, et par

$$r_m = \frac{1}{c_2 - c_1}\int_{c1}^{c2} f(c)\, dc \qquad (B)$$

si la solution électrolysée contenait au début de l'opération c_1 mol.gr./L et à la fin c_2 mol.gr./L de soude.

Donnant à $f(c)$ la forme particulière précédemment indiquée, on aura

$$r_m = \frac{1}{c_2 - c_1}\int_{c1}^{c2} \frac{dc}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}} \qquad (C)$$

Or, comme

$$\int \frac{dc}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}} = \frac{3}{2\,a}(1 + ac)^{\frac{2}{3}} + \text{constante}$$

on en déduit,

$$r_m = \frac{3}{2\,(c_2 - c_1)\,a}\left[(1 + ac_2)^{\frac{2}{3}} - (1 + ac_1)^{\frac{2}{3}}\right] \quad (D)$$

formule qui devient, lorsque $c_1 = o$ et $c_2 = c$.

$$r_m = \frac{3}{2\,ac}\left[(1+ac)^{\frac{2}{3}} - 1\right] = \frac{1}{c}\left[(1+ac)^{\frac{2}{3}} - \frac{3}{2\,a}\right] \quad \text{(E)}$$

Cas où l'endosmose électrique et la diffusion ne sont pas négligeables. — Nous avons admis que l'endosmose électrique est nulle. Si tel n'est pas le cas, il faudra simplement prendre pour valeur de V entrant dans les relations précédentes non pas le volume initial de liquide cathodique, mais bien le volume final, qui est égal au volume initial, augmenté du volume de liquide v passé par endosmose électrique, du compartiment anodique au compartiment cathodique.

Le volume v est pratiquement limité par le fait que l'endosmose produit un dénivellement entre les deux

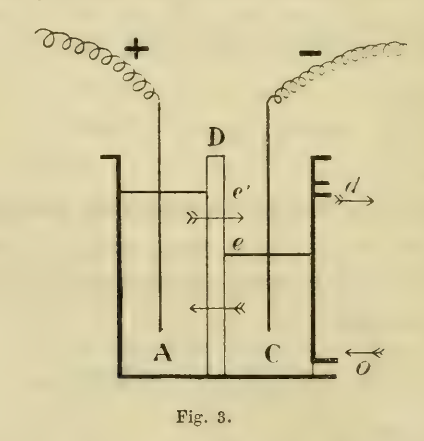


Fig. 3.

compartiments, dénivellement qui devient constant lorsque le volume de liquide cathodique traversant le diaphragme (voir fig. 3) dans la partie *eé* est égal, dans l'unité de temps, au volume de liquide anodique passant en sens contraire par endosmose électrique.

La correction v sera donc d'autant plus faible que le volume du compartiment anodique sera petit par rapport au compartiment cathodique.

Quant à la diffusion, elle agit de façon à diminuer le rendement en alcali par rapport à la quantité produite d'après les formules que nous venons d'établir.

Nous avons déjà fait remarquer que la diffusion doit être pratiquement compensée si ce n'est totalement, du moins partiellement, par le courant endosmotique qui marche du compartiment anodique au compartiment cathodique.

Si l'on veut cependant en tenir compte, il suffira d'ajouter, dans la relation donnant le rendement instantané

$$r = f(e)$$

un terme correctif de la forme $-kc$, puisque la diffusion est à chaque instant proportionnelle à la concentration en soude. Cette relation s'écrirait alors

$$r = f(c) - kc$$

ou dans le cas particulier du sel marin

$$r = \frac{1}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}} - kc$$

expression qui compliquerait les intégrations précédemment indiquées. Il est donc utile de noter que pratiquement l'on arrivera au même résultat en conservant le rendement instantané, sous la forme

$$r = \frac{1}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}}$$

mais en ayant soin d'augmenter très légèrement la valeur numérique du paramètre a.

Les vérifications expérimentales que nous étudierons ultérieurement démontreront d'ailleurs que dans bien des cas cette correction n'est pas nécessaire. Elle est en effet d'autant plus petite que la porosité du diaphragme est faible et que la densité de courant sur le diaphragme est forte.

Marche en régime : Deux cas limites sont possibles. — Considérons un électrolyseur à diaphragme (fig. 3). Pour réaliser la marche en régime, on dirigera dans le compartiment cathodique C par un orifice inférieur O, un courant régulier de solution de chlorure de sodium; celle-ci s'élèvera graduellement dans l'électrolyseur, en même temps que par le déversoir *d* s'écoulera une solution de soude salée. Lorsque le régime sera établi, c'est-à-dire lorsque le volume de liquide introduit par l'orifice O aura dépassé le volume V de la solution cathodique restant en permanence dans l'électrolyseur, le liquide sortant par le déversoir *d* aura une composition constante. Cela suppose, bien entendu, que le régime du courant électrique traversant l'appareil reste lui-même constant.

Ceci posé, on peut concevoir deux cas limites :

1er cas. Le compartiment cathodique est suffisamment grand, la densité du courant est faible, on évite toute agitation du liquide cathodique. Dans ces conditions, le liquide frais arrivant par l'orifice inférieur va s'élever progressivement dans le compartiment cathodique sans se mélanger au reste du liquide, de telle sorte que la concentration en soude augmentera progressivement à mesure que l'on considérera des tranches de liquide à des niveaux plus élevés.

2me cas. La capacité du compartiment cathodique est

restreinte; la densité de courant est élevée, le liquide cathodique est soumis à une agitation énergique produisant un mélange, en quelque sorte instantané, du liquide frais avec le liquide occupant déjà le compartiment cathodique.

Ces deux cas doivent être étudiés séparément.

Forme de la marche en régime : 1er cas. — Soit V le volume en litres du liquide occupant d'une façon permanente le compartiment cathodique; soit l le débit en litres par seconde du liquide d'alimentation pénétrant par l'orifice o. Pratiquement, l représentera une fraction de litre; nous supposerons ce nombre petit par rapport à V. Soit i l'intensité du courant, en ampères, traversant l'électrolyseur.

Le temps employé par une tranche de liquide de l litres pour parcourir le compartiment cathodique sera de $\frac{V}{l}$ secondes. Ceci suppose l'endosmose électrique nulle ou négligeable; si tel n'était pas le cas, ce temps serait un peu plus court. Comme précédemment, nous considérerons d'abord cette action comme négligeable.

L'intensité du courant traversant l'électrolyseur étant de i ampères, la tranche de l litres sera constamment soumise à un courant de $\frac{il}{V}$ ampères, en supposant que le courant soit également réparti dans l'électrolyseur. Ce n'est pas rigoureusement le cas. Pour une première approximation, cette hypothèse est cependant suffisante, surtout si l'électrolyse est effectuée sur une solution de sel concentrée[1].

[1] Il y aura probablement lieu de revenir ultérieurement sur une formule plus exacte pour les solutions de sel non concentrées.

De là résulte que le nombre des coulombs traversant la tranche de l litres pendant son parcours à travers le compartiment cathodique sera :

$$\left(\frac{il}{V}\right)^{\text{ampères}} \times \left(\frac{V}{l}\right)^{\text{secondes}} = i \text{ coulombs} \quad (18)$$

La concentration en soude de la tranche de l litres à sa sortie du compartiment cathodique sera donc la même que si elle avait été soumise à l'électrolyse par cuvée, dans un électrolyseur dont le volume cathodique serait de l litres, sous l'action de i coulombs. Cette concentration sera donc donnée par les formules de la « marche par cuvée » où l'on remplacera V par l et m par $\frac{i}{96540}$.

La relation générale (10) appliquée au cas actuel devient ainsi :

$$\frac{i}{96540} = l \times \varphi(c)$$

$$\text{soit } \frac{i}{l} = 96540\, \varphi(c) \quad (19)$$

Dans le cas particulier de l'électrolyse du chlorure de sodium, on déduit de la même façon la formule suivante[3] de la relation (13) :

$$\frac{i}{l} = \frac{96540 \times 3}{4} \frac{1}{a} \left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \quad 20)$$

[1] En toute rigueur, la relation (20) ne s'appliquerait à la marche en régime, 1er cas, que si la concentration en sel reste constante dans toutes les parties du compartiment cathodique. Pratiquement, le liquide qui traverse le compartiment subit une assez faible variation de concentration en sel pour que celle-ci puisse être généralement négligée. Nous reviendrons d'ailleurs dans un autre mémoire sur le cas où cette simplification ne peut être admise.

Dans les expressions (19) et (20), c représente la concentration du liquide sortant de l'électrolyseur en M.gr./L NaOH.

L'analogie des formules (19) et (20) avec les formules (10) et (13) conduit à cette conclusion que les représentations graphiques employées pour la « marche par cuvée » et les méthodes de calcul qui s'en déduisent s'appliquent aussi à la marche en régime (1er cas). Il suffira de remplacer les relations (16) et (17) par les suivantes :

$$\frac{i}{96540} = l \times \varphi(c) \qquad (21)$$

$$\frac{1}{96540} \frac{i}{l} = \varphi(c) \qquad (22)$$

Le débit du liquide d'alimentation est généralement donné en litres par heure, et non pas en litres par seconde. Dans ce cas les expressions (19), (20), (21) et (22) prennent les formes suivantes, L désignant le débit d'alimentation en litres à l'heure soit $L = 3600\,l$, i l'ampérage, c la concentration en soude exprimée en M.gr./L :

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = \varphi(c) \qquad (19^{bis})$$

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = \frac{3}{4a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \qquad (20^{bis})$$

$$i = 26{,}82\, L \times \varphi(c) \qquad (21^{bis})$$

$$\frac{i}{L} = 26{,}82\, \varphi(c) \qquad (22^{bis})$$

On remarquera que pour des conditions données de température et de concentration initiale en sel, le liquide cathodique sortant de l'électrolyseur est à une concentration en soude qui ne dépend que du rapport $\frac{i}{L}$

En outre, la concentration en soude du liquide sortant est indépendante du volume permanent de liquide cathodique.

Nous désignerons ce rapport $\frac{i}{L}$ sous le nom de « *caractéristique de la marche en régime* ».

Rendement du courant. — Connaissant la concentration sodique c du liquide sortant du compartiment cathodique, pour une caractéristique de marche donnée, il est évident, en raison de l'analogie des formules employées, que le rendement du courant pour la marche en régime sera exprimé par les relations (A) à (E) développées précédemment, à propos de la marche par cuvée. En d'autres termes *à concentration sodique égale le rendement du courant pour la marche en régime 1*er *cas sera égal au rendement pour la marche par cuvée*

Cas où le liquide d'alimentation contient déjà de la soude. — On devra employer alors une formule déduite des relations (17) et (17bis), soit :

$$A_1 + 0{,}3729 \frac{i}{L} = A_2$$

dans laquelle

$$A_1 = \frac{3}{4}\frac{1}{a}(1 + ac_1)^{\frac{4}{3}} \qquad A_2 = \frac{3}{4}\frac{1}{a}(1 + ac_2)^{\frac{4}{3}}$$

Cas où l'endosmose électrique n'est pas négligeable. — Soit comme précédemment V le volume du compartiment cathodique, l le débit d'alimentation cathodique par seconde, v le volume du liquide passant par endosmose du compartiment anodique au compartiment cathodique ; tous les volumes sont exprimés en litres.

Le temps employé par la tranche de l litres pour

traverser le compartiment cathodique, qui était précédemment de $\frac{V}{l}$ secondes sera, en tenant compte de l'endosmose, de $\frac{V-v}{l}$ secondes.

Le nombre de coulombs traversant la tranche de l litres pendant son parcours à travers le compartiment cathodique sera

$$\left(\frac{il}{V}\right)^{\text{ampères}} \times \left(\frac{V-v}{l}\right)^{\text{secondes}} = i' \text{ coulomb}$$

Comparant cette valeur de i', plus petite que celle donnée par la relation (18) et faisant le rapport de i' à i, on a, toutes éliminations faites

$$\frac{i'}{i} = \frac{V-v}{V}$$

d'où

$$i' = i\left(\frac{V-v}{V}\right) = i\left(1 - \frac{v}{V}\right)$$

Appliquant la relation générale (10), comme précédemment, il vient :

$$\frac{i'}{96540} = l \times \varphi(c)$$

ou

$$i\left(1 - \frac{v}{V}\right) = 96540\ \varphi(c)$$

ou, passant aux relations (19bis) et (20bis)

$$0{,}03729\ \frac{i}{L}\left(1 - \frac{v}{V}\right) = \varphi(c) \qquad \text{(F)}$$

et dans le cas particulier du chlorure de sodium

$$0{,}03729\ \frac{i}{L}\left(1 - \frac{v}{V}\right) = \frac{3}{4a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \qquad \text{(G)}$$

Désignons pour abréger le terme $\left(1 - \frac{v}{V}\right)$ sous le

nom de *constante endosmotique* de l'électrolyseur. Nous conclurons des formules qui précèdent :

1° *Que l'endosmose électrique aura pour effet, toutes choses égales d'ailleurs, de diminuer la concentration en soude du liquide cathodique sortant.*

2° *Que par contre le volume de ce liquide sera un peu plus élevé, soit de* ($l + v$) *litres par seconde, ou de* (L + 3600 v) *par heure.*

Les deux actions tendent donc à se compenser lorsque l'on considère la quantité totale de soude produite à l'heure.

Il est à remarquer d'ailleurs que pratiquement le terme $\frac{v}{V}$ est toujours très petit, si ce n'est négligeable dans la plupart des cas. Si cette condition n'était pas satisfaite, on rentrerait d'ailleurs dans le 2e cas de la marche en régime que nous allons étudier. Dans les conditions habituelles des expériences, on tient compte de l'endosmose avec une exactitude suffisante en prenant pour débit d'alimentation le terme $l + v$, au lieu de l.

Il n'y aura donc lieu d'en tenir compte que lorsque l'endosmose électrique sera considérable, soit lorsque les conditions suivantes seront réalisées : 1° forte densité de courant sur le diaphragme ; 2° faible porosité du diaphragme.

Rôle de la diffusion. — Nous avons déjà insisté sur le peu d'importance qu'il faut attribuer à la diffusion de la soude à travers le diaphragme comme cause de diminution de la production effective d'alcali.

Si l'on doit en tenir compte, on pourra le faire soit en modifiant légèrement la valeur du paramètre a,

ainsi que nous l'avons indiqué précédemment à propos de la marche par cuvée, soit encore en retranchant de la concentration c en soude du liquide sortant du compartiment cathodique un terme de la forme kc, dont le coefficient k dépendra uniquement du diaphragme.

Nous renvoyons à un autre mémoire l'étude relative à la détermination du coefficient k. Pour le moment, il suffira d'indiquer le principe de cette correction, d'ailleurs toujours très petite.

Marche en régime, 2e cas. — Le liquide d'alimentation (solution de sel) est supposé se mélanger instantanément au liquide du compartiment cathodique dont la composition est uniforme.

Soit c la concentration du liquide sortant de l'électrolyseur, exprimée en Mgr./L NaOH.

Pendant un temps t on a fait passer u litre de liquide d'alimentation ; pendant le même temps l'électrolyseur a été traversé par q coulombs. La condition du régime suppose que

$$u = lt \qquad \text{et} \qquad q = it$$

Pendant un temps très court dt, on fait passer un volume du de liquide d'alimentation. La quantité de soude sortant de l'électrolyseur pendant ce temps sera égale à $c\,du$ M.gr. NaOH ; d'autre part la quantité produite sera égale à $\frac{r\,dq}{96540}$ M.gr. NaOH. Le régime étant supposé établi, ces deux quantités doivent être égales, soit :

$$c\,du = \frac{r\,dq}{96540} \quad \text{ou} \quad 96540\,\frac{c}{r} = \frac{dq}{du}$$

mais $dq = i\,dt$ et $du = l\,dt$,
d'où :

$$96540\,\frac{c}{r} = \frac{i}{l} \qquad (23)$$

remplaçant enfin r par sa valeur $r = f(c)$, on a

$$\frac{i}{l} = 96540 \frac{c}{f(c)} \qquad (24)$$

Dans le cas particulier de l'électrolyse du chlorure de sodium que nous considérons, cette relation devient, en remplaçant $f(c)$ par l'expression analytique (7)

$$\frac{i}{l} = 96540 (1 + ac)^{\frac{1}{3}} c \qquad (25)$$

La résolution de cette équation par rapport à c s'effectue en élevant les deux membres à la puissance 3 ; en posant

$$Q = \left(\frac{i}{l} \times \frac{}{96540}\right)^3$$

l'équation prend la forme :

$$ac^4 + c^3 - Q = 0 \qquad (26$$

dont on peut trouver les racines.

Mais il est beaucoup plus simple, pour l'étude d'un électrolyseur, de dresser une fois pour toutes un tableau donnant les valeurs numériques de $(1 + ac)^{\frac{1}{3}} c$ pour des valeurs croissantes de c, et de construire au besoin un graphique indiquant les valeurs de $(1 + ac)^{\frac{1}{3}} c$ ou de $\frac{c}{f(c)}$. Il est alors aisé de calculer l'une des quantités i, l, c en fonction des deux autres en mettant les relations (24) et (25) sous les formes suivantes :

$$\frac{1}{96540} \frac{i}{l} = \frac{c}{f(c)} \qquad (27)$$

$$\frac{1}{96540} \frac{i}{l} = (1 + ac)^{\frac{1}{3}} c \qquad (28)$$

dont on remarquera l'analogie avec les équations (21)

et (22) qui servent à résoudre le problème de la « marche en régime (1er cas) ».

Si l'on exprime le débit d'alimentation en litres à l'heure, soit $L = 3600\ l$, les expressions (27 et (28) deviendront

$$0{,}03729\ \frac{i}{L} = \frac{c}{f(c)} \qquad (27^{bis})$$

$$0{,}03729\ \frac{i}{L} = (1 + ac)^{-\frac{1}{3}}\ c \qquad (28^{bis})$$

Comme dans le 1er cas, on constate que la concentration sodique du liquide sortant ne dépend que du rapport $\frac{i}{L}$, les conditions de température et de concentration initiale en sel restant les mêmes; cette concentration sodique est aussi indépendante du volume V de liquide occupant le compartiment cathodique.

Le rapport $\frac{i}{L}$ représente donc encore la « *caractéristique de la marche en régime.* »

On remarquera aussi que si l'endosmose électrique n'est pas négligeable, il suffira de prendre pour valeur de L non pas le débit d'alimentation usuel, mais bien ce débit augmenté du volume de liquide passant par endosmose du compartiment anodique au compartiment cathodique. L'endosmose électrique agira d'ailleurs dans le 2me cas, comme dans le 1er cas.

Quant au « *rendement du courant* » il sera donné, pour la marche en régime 2me cas, par la relation fondamentale

$$r = f(c)$$

soit dans le cas particulier que nous avons toujours considéré par

$$r = \frac{1}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}}$$

On trouvera dans le tableau IV ci-après les valeurs numériques de ces rendements comparées à celles de la marche par cuvée, pour les mêmes concentrations sodiques et les mêmes données fondamentales.

Il est à noter enfin que le rôle de la diffusion intervient dans la marche en régime 2me cas, comme dans la marche en régime 1er cas.

Cas particuliers. — Si le liquide d'alimentation contient déjà de la soude caustique, provenant par exemple d'eaux de lavages, comme nous l'avons déjà indiqué, les formules précédentes doivent être modifiées.

Représentons par c_1 et c_2 les concentrations moléculaires en soude du liquide d'alimentation et du liquide sortant ; supposons également que le mélange du liquide frais avec le liquide du compartiment cathodique soit instantané, de telle façon que la concentration en soude du liquide cathodique dans l'électrolyseur soit uniformément égale à c_2.

Nous reportant à la démonstration précédente, la quantité de soude produite pendant le temps dt sera égale à $\frac{r\,dq}{96540}$ M.gr. NaOH, et la quantité de soude sortant de l'électrolyseur sera égale à $(c_2 - c_1)\,du$. Posant la condition du régime on a :

$$(c_2 - c_1)\,du = \frac{r\,dq}{96540}$$

Mais $dq = i\,dt$, $du = l\,dt$, $r = f(c_2)$ d'où

$$96540\ \frac{c_2 - c_1}{r} = \frac{i}{l}$$

$$\frac{i}{l} = 96540\ \frac{(c_2 - c_1)}{f(c_2)}$$

Dans le cas particulier considéré de l'électrolyse du

chlorure de sodium, cette relation devient, en remplaçant $f(c)$ par l'expression analytique (7) et en exprimant le débit d'alimentation en litres à l'heure.

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = (c_2 - c_1)\ (1 + ac_2)^{-\frac{1}{3}} \quad (28^{ter})$$

La résolution de cette équation par rapport à c_2 peut être ramenée à l'équation du 4me degré; en pratique, il est tout aussi rapide de le faire par tâtonnements successifs en dressant préalablement un tableau des valeurs numériques de $(1 + ac_2)^{-\frac{1}{3}}$ pour des valeurs croissantes de c_2. Une limite supérieure de c_2 est donnée par les formules relatives à la marche en régime 1er cas, avec liquide d'alimentation à la concentration c_2 de soude. Une limite inférieure est généralement donnée en réduisant de 10 % à 20 % la limite supérieure.

Pratique de la marche en régime. — Nous avons indiqué plus haut les caractéristiques de la marche en régime dans les deux cas limites. Lorsqu'on examine les divers systèmes d'électrolyseurs employés dans les laboratoires et dans l'industrie, on constate qu'aucun d'eux ne réalise d'une façon absolue et exclusive l'un des cas limites. Ils s'en rapprochent seulement plus ou moins; il est intéressant de le préciser.

Le 1er cas tend à se produire dans les appareils à compartiment cathodique considérable, travaillant avec une faible densité de courant cathodique de façon à éviter autant que possible le mélange des liquides par suite du dégagement d'hydrogène.

Le 2me cas tend à se réaliser lorsque le volume du compartiment cathodique est restreint, la densité de courant cathodique élevée, et surtout lorsque l'alimentation cathodique est indirecte, c'est-à-dire par passage

de liquide anodique dans le compartiment cathodique à travers le diaphragme.

En effet, par l'alimentation indirecte, le liquide frais pénètre dans le compartiment cathodique simultanément à travers toute la section du diaphragme ; le dégagement d'hydrogène sur la cathode, généralement très voisine du diaphragme, suffit alors pour assurer un mélange rapide des liquides, surtout lorsque ce dégagement de gaz est abondant par suite d'une densité de courant cathodique élevée. Ce sont donc bien là les conditions caractéristiques de la marche en régime 2me cas.

Parmi les appareils industriels qui remplissent le mieux ces conditions, il y a à citer d'abord les appareils dits « à cathodes filtrantes » dans lesquels l'alimentation est indirecte et le volume du compartiment cathodique est réduit à un minimum (soit le volume de liquide restant adhérent entre le diaphragme et la toile métallique appliquée contre le diaphragme et servant de cathode).

On ne doit donc pas s'attendre à ce que les rendements pratiques des appareils à diaphragme, marchant en régime, correspondent toujours très exactement à ceux indiqués par les formules établies pour les deux cas limites de la marche en régime. Les valeurs données par l'expérience seront plutôt comprises entre celles indiquées par les formules relatives à ces deux cas, avec tendance, suivant les conditions de construction et de fonctionnement des appareils, à se rapprocher plus ou moins de l'un ou de l'autre ; on verra d'ailleurs plus loin que les différences obtenues dans les deux cas ne sont pas numériquement très grandes.

(A suivre.)

L'INSOLATION EN SUISSE

Ire PARTIE

MESURES HÉLIOGRAPHIQUES

PAR

Henri DUFOUR

(Avec les planches II et III.)

C'est en 1884 que les premiers héliographes, importés d'Angleterre, ont été installés en Suisse à Zürich et à Davos; l'année suivante, grâce à l'initiative de M. le Prof. A. Riggenbach, un appareil de construction suisse était placé à Bâle et un second à Lugano; les sphères de verre de ces instruments avaient été travaillées par M. Suter, opticien à Bâle. Lausanne et Berne reçurent des appareils semblables en 1886, dès lors le nombre des stations qui en furent dotées a été constamment en augmentant et aujourd'hui quatorze localités enregistrent régulièrement la durée de la radiation solaire au moyen du *Sunshine recorder* (Héliographe) de Campbell et Stokes, ce sont : Arosa, Bâle, Berne, Buus, Clarens, Davos, Genève, Haidenhaus, Hallau, Lausanne, Lugano, Säntis, Wald et Zürich.

Sur ce nombre neuf stations publient le résultat de

leurs observations dans le bulletin quotidien du temps qui accompagne la carte météorologique suisse.

Le dépouillement des indications données par les bandes de carton des appareils héliographiques est fait, avec le plus grand soin, par le personnel du Bureau central de météorologie à Zurich et les résultats sont publiés *in extenso* dans les *Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Central-Anstalt.*

Il nous a paru que le nombre des années d'observations était suffisant pour qu'on puisse en tirer quelques conclusions générales sur l'insolation en Suisse et sur les causes qui influent sur sa valeur.

Les instruments ayant été installés à des époques diverses, nous avons comparé les résultats de sept stations seulement possédant toutes la même série de dix années d'observations s'étendant de 1891 à 1900. Cette période comprend un maximum de taches solaires, l'année 1893, et se termine au minimum de 1901.

Les stations choisies représentent divers types de climats dont l'ensemble donne une idée assez exacte de celui de la Suisse, ce sont :

Bâle et *Berne* stations de plaine ou de plateau traversées l'une et l'autre par un fleuve ; *Lausanne* et *Zürich* qui représentent également le plateau suisse avec l'influence du voisinage d'un lac; *Lugano* nous donne la climatologie solaire d'une localité du sud des Alpes, située également au bord d'un lac ; *Davos* est le type de la haute vallée alpestre, et le *Säntis* est la station météorologique de montagne la plus élevée que nous ayons en Suisse.

Pour chaque station nous avons établi le nombre moyen d'heures de soleil pour chaque mois et déduit

l'insolation moyenne diurne. Ces chiffres tout intéressants qu'ils sont ne donnent pas une idée nette de la clarté relative des divers mois, car le nombre d'heures de soleil enregistré dépend avant tout de la durée du séjour de cet astre au-dessus de l'horizon, ce nombre sera toujours plus fort en juin qu'en décembre sans qu'on soit en droit d'en conclure que la clarté du ciel est plus grande dans le premier mois que dans le second. Nous avons donc calculé l'insolation relative pour chaque mois telle qu'elle peut être déduite des indications des instruments eux-mêmes et non pas de la valeur astronomique des heures de soleil. Il faut remarquer en effet que l'héliographe de Stokes et Campbell, ne *marque* que lorsque les rayons solaires ont une intensité suffisante pour carboniser la feuille de carton placée au foyer de la sphère de verre, il s'écoule donc un temps variable entre le moment où le soleil est vu par l'observateur le matin et le moment où la bande de carton commence à signaler son action, la différence peut atteindre vingt minutes et plus si l'atmosphère est un peu brumeuse comme c'est le cas dans les villes; le soir le même phénomène se produit de sorte que l'insolation enregistrée est toujours moindre, même par un beau jour, que la durée de visibilité du soleil; ce fait n'a pas d'importance climatologique car les rayons solaires que l'héliographe n'enregistre pas sont sans influence sensible sur la végétation.

Pour déterminer l'insolation relative d'une localité nous avons donc cherché quelle était, dans la série des dix années, pour chaque station le nombre maximum d'heures de soleil enregistrées au milieu du mois, et ce nombre multiplié par le nombre des

jours du mois, donne avec une approximation suffisante l'insolation maximum possible que l'appareil enregistrerait dans un mois toujours clair; comme on peut facilement s'en assurer le produit des heures de soleil du milieu du mois par le nombre des jours est sensiblement le même que la somme des heures de soleil des divers jours ; l'écart serait sensible en juin et décembre si à ce moment là la variation horaire diurne était plus grande qu'elle ne l'est en réalité près des solstices.

Ces renseignements généraux suffiront pour comprendre sans autre explication, les tableaux et les graphiques des diverses stations. Dans chaque tableau la première colonne indique les mois, la seconde le nombre moyen d'heures de soleil enregistrées, la troisième l'insolation possible d'après la situation de l'instrument, la quatrième est le rapport de la seconde et de la troisième, c'est la clarté relative, enfin la cinquième indique l'insolation moyenne diurne dans chaque mois.

1er type. — *Bâle* et *Berne* villes de plateau et de plaine traversées par des fleuves.

a) *Bâle*, long. 7°35′ G., lat. 47°33′, altitude 278 m. traversée par le Rhin. L'insolation moyenne de 10 ans est de 1697 heures : les valeurs extrêmes de ces périodes sont : 1998 h. en 1893 et 1421 h. en 1896 ; l'insolation possible donnée par l'instrument serait de 3951 heures ; tandis que sa valeur astronomique pour la latitude et longitude de Bâle serait de 4448 heures. L'insolation réelle est donc les 43 °/₀ de l'insolation possible ; elle se répartit comme suit entre les mois :

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	°/₀	Insol. moy. diurne.
Janvier.....	53.1	232.5	23	1.71
Février.....	95.2	277.2	35	3.40
Mars.......	131.9	328.6	40	4.25

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	%	Insol. moy. diurne.
Avril.......	158.5	345.6	46	5.28
Mai........	173.0	412.2	42	5.58
Juin	210.0	402.0	52	7.00
Juillet......	221.6	418.5	52	7.15
Août... ...	230.0	339.9	57	7.42
Septembre..	167.1	324.0	51	5.57
Octobre	125.6	334.8	49	4.05
Novembre..	68.5	252.0	27	2.28
Décembre ..	62.7	223.2	28	2.02

On voit d'après ce tableau, et la première courbe de la Planche I, que le mois le plus sombre relativement est janvier, le plus clair août ; la courbe de l'insolation relative s'élève rapidement de février en avril, mais subit une dépression sensible en mai, ce fait est général pour les stations de plaine.

b) *Berne*, long. 7°26′ G., lat. 46°57′, altitude 572 m. traversée par l'Aar, a un climat solaire très semblable à celui de Bâle. L'insolation moyenne est de 1808 h., les valeurs extrêmes sont 2132 h. en 1893 et 1528 h. en 1896, l'insolation possible serait de 4313 heures, de sorte que la valeur réelle représente les 42 % du possible et se répartit comme suit :

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	%	Insol. moy. diurne.
Janvier.....	51.9	263.5	19	1.67
Février.....	100.5	277.2	36	3.60
Mars.......	139.3	331.7	42	4.50
Avril.......	171.1	378.0	45	5.70
Mai........	194.9	427.8	43	6.29
Juin	226.5	446.4	51	7.55
Juillet......	251.0	443.3	57	8.10
Août.......	253.3	412.3	61	8.17
Septembre..	186.0	354.0	52	6.20
Octobre	126.1	310.0	41	4.07
Novembre ..	60.7	252.0	24	2.02
Décembre ..	45.3	217.0	21	1.46

Comme à Bâle le mois le plus sombre est janvier, le plus clair est août; on constate également la faible insolation relative du mois de mai, un fait frappant est le très rapide accroissement de l'insolation relative de janvier à février.

2me *type*. — *Zurich* et *Lausanne*, villes de plateau soumises à l'influence immédiate de grands lacs.

a) Zurich, long. 8°33′ G., lat, 47°23′, alt. 473 m., à l'extrémité du lac est soumise en même temps à l'action du courant de la Limmat, l'observatoire situé sur les pentes du Zurichberg domine la ville et reçoit plus d'heures de soleil que la ville elle-même.

Le nombre total des heures de soleil s'élève à 1730.3, Comme pour les autres stations le maximum 2034 a eu lieu en 1893 et le minimum 1451 en 1896; l'insolation possible serait de 4042 h., de sorte que Zürich reçoit annuellement 43 °/₀ du maximum (Pl. II).

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	°/₀	Insol. moy. diurne.
Janvier.....	42.5	232.5	18	1.37
Février.....	93.5	252.0	37	3.34
Mars.......	137.1	341.0	40	4.42
Avril.......	171.5	384.0	44	5.71
Mai........	182.3	440.2	41	5.90
Juin	223.3	447.0	50	7.44
Juillet......	240.9	440.2	54	7.74
Août	242.9	415.4	58	7.83
Septembre..	178.1	339.0	52	5.94
Octobre....	110.8	291.4	38	3.57
Novembre..	51.4	237.0	22	1.71
Décembre..	42.8	223.2	19	1.38

Les caractères de la variation annuelle sont les mêmes que dans les villes précédentes les mois de décembre et de janvier sont particulièrement sombres; août est comme ailleurs le mois le plus clair.

b) Lausanne, long. 6°38′ G., lat. 46°31′. altitude 553 m., est soumise à l'influence du voisinage d'un des plus grands lacs de la Suisse, l'observatoire domine la ville, son altitude est de 50 m. environ supérieure à celle des régions les plus habitées. Le nombre total d'heures de soleil s'élève à 1912.3 h. ce qui représente 47 % du maximum qui serait de 4034.3 h. L'année la plus claire est encore 1893 avec 2208 h. mais la plus sombre est 1897 avec 1691 h. et non pas 1896 comme dans les villes précédentes (Pl. II).

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	%	Insol. moy. diurne.
Janvier.....	72.1	260.0	28	2.32
Février.....	106.7	294.0	36	3.81
Mars.......	147.0	331.7	44	4.74
Avril.......	181.0	363.0	50	6.03
Mai........	210.0	409.2	51	6.77
Juin	226.1	408.0	55	7.54
Juillet......	254.4	427.8	60	8.20
Août.......	261.8	406.1	64	8.57
Septembre..	190.9	333.0	57	6.36
Octobre	137.3	316.2	43	4.43
Novembre ..	71.1	240.0	29	2.37
Décembre ..	53.9	244.9	22	1.73
	1912.3	4034.3	47	5.24

On voit que le minimum tombe en décembre, l'accroissement de clarté n'est pas très rapide de décembre à janvier, il augmente plus rapidement de janvier à février et de février à mars mais la variation d'hiver n'est pas aussi rapide qu'à Zurich ; comme ailleurs le maximum est en août.

3me type. — *Lugano*, long. 8°57′ G., lat. 46°, alt. 275 m. Lugano est la seule ville suisse du sud des Alpes

pour laquelle nous possédons dix ans et plus d'observations, son altitude est presque exactement celle de Bâle. elle est comme Zürich et Lausanne soumise à l'influence d'un lac. Le nombre des heures de soleil s'élève à 2276.9 ce qui pour une insolation possible de 3856 représente 59 % du maximum. L'année la plus claire comme pour les villes du nord des Alpes a été 1893 h. avec 2426 h. L'année la plus sombre est 1896 avec 2154. La distribution de l'insolation est la suivante :

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	%	Insol. moy. diurne.
Janvier...	119.5	239	50	3.85
Février...	154.5	255	60	5.52
Mars.....	191.1	335	57	6.16
Avril.....	197.9	360	55	6.60
Mai.......	216.5	422	51	6.98
Juin......	250.5	417	60	8.35
Juillet....	295.9	425	69	9.54
Août......	273.5	400	68	8.82
Septembre	212.4	342	62	7.08
Octobre...	142.9	316	45	4.60
Novembre.	98.0	231	42	3.27
Décembre.	106.8	214	50	3.44

On voit d'après ce tableau et d'après la courbe de la Pl. II que l'allure de l'insolation relative est différente de ce qu'elle est au nord des Alpes ; un premier minimum a lieu en mai, suivi d'un second minimum plus prononcé en novembre, dès le mois de décembre l'insolation relative augmente pour atteindre un premier maximum en février ; le second maximum le plus important est en juillet. Quant à l'insolation réelle elle a aussi son maximum en juillet et non en août comme au nord des Alpes.

4me type. — *Davos*, long. 9°49′, lat, 46°48′, altitude

1557 m., est le type de la haute vallée alpine et l'insolation y présente un caractère particulier. Le nombre des heures de soleil est de 1795.8 mais l'insolation possible n'étant que de 3325 h., cela représente 54 °/₀ du maximum, chiffre très élevé. L'année la plus claire, comme dans la plaine est 1893 avec 1880 heures de soleil, la plus sombre est 1896 avec 1607 h. (Pl. II). La variation annuelle est la suivante :

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	°/₀	Insol. moy. diurne.
Janvier...	91.9	186	49	2.97
Février...	108.8	196	55	3.88
Mars.....	153.3	282	54	4.94
Avril.....	160.9	315	51	5.36
Mai.......	168.2	357	47	5.42
Juin......	176.6	363	48	5.89
Juillet....	207.7	375	55	6.70
Août......	213.7	353	60	6.90
Septembre	176.4	300	59	5.88
Octobre...	143.6	245	59	4.63
Novembre.	108.5	186	58	3.62
Décembre.	87.0	167	52	2.81

On voit que comme à Lugano, le minimum de mai est accentué et qu'en hiver le minimum principal est en janvier, il est suivi d'un mois de février très clair qui produit le premier maximum, le second maximum a lieu, comme pour les stations du nord des Alpes, en août ; l'insolation de Davos est déjà une insolation de climat d'altitude, plus forte en hiver qu'en été, Davos est à la limite des deux régions. l'insolation relative moyenne des mois d'été, avril à septembre est 53.7 °/₀, celle de l'automne et de l'hiver, octobre à mars est de 54.7 °/₀, il y a presque équilibre tandis qu'une station de plaine telle que Lausanne par exemple a une inso-

lation d'hiver de 33.7 °/₀ et celle de l'été est de 56.2 °/₀. On peut donc prévoir qu'en s'élevant plus haut encore l'inversion sera complète ; c'est ce que montre notre dernière station,

5me *type.* — *Säntis*, long. 9°20°, lat. 47°15′, altitude 2500 m. Le Säntis est l'observatoire le plus élevé de la Suisse, c'est un sommet isolé avec un horizon découvert, l'insolation maximum peut donc être élevée, elle atteint 4204 h. ; l'insolation réelle est seulement de 1752.7 c'est à dire de 42 °/₀ par conséquent inférieure à celle de Davos dont l'horizon est bien moins découvert.

Le maximum a eu lieu en 1891 avec 1917 h., le minimum est en 1900 avec 1425 h.

La variation annuelle est la suivante :

Mois.	Insol. réelle.	Insol. possible.	°/₀	Insol. moy. diurne.
Janvier . . .	113.0	279	44	3.65
Février . . .	125.4	297	42	4.48
Mars	137.7	335	41	4.44
Avril	148.5	393	37	4.95
Mai	145.2	394	36	4.68
Juin	146.4	420	36	4.88
Juillet	174.1	450	39	5.62
Août	193.2	428	45	6.23
Septembre	161.5	351	46	5.38
Octobre . . .	151.3	326	46	4.87
Novembre .	141.3	276	51	4.71
Décembre .	113.6	257	44	3.66

On voit que le maximum de l'insolation réelle a lieu en août, comme dans la plaine, mais les valeurs relatives présentent un caractère tout différent de celui de la plaine, elles sont faibles en été, minimum en mai et en juin, et présentent leur maximum en novembre.

L'insolation d'hiver, d'octobre à mars est de 44.7 %, celle d'été, d'avril à septembre est de 39.7 % seulement.

Cette forte nébulosité des sommets de 2000 à 2500 m. est générale en été ; les observations du Säntis en fixent la valeur. La cause en est bien connue, elle est due à l'altitude plus élevée des nuages et brouillards en été qu'en hiver, dans cette dernière saison la zône de brouillards est le plus souvent au-dessous de 1200 mètres.

Les sept stations que nous avons étudiées nous donnent, nous semble-t-il, les éléments généraux et caractéristiques de l'insolation en Suisse. On voit que nos villes de plaine et du plateau au nord des Alpes forment un premier groupe dont l'insolation moyenne s'élève à 1787 heures ou à 43.7 % du maximum possible. Les trois villes de la Suisse centrale et orientale ont sensiblement la même valeur ; pour la Suisse occidentale dans la région du plateau comprise entre les Alpes et le Jura le nombre des heures de soleil est plus élevé, puisqu'il atteint 47 % du maximum. Il est probable que les résultats de Genève confirmeraient ceux de Lausanne, malheureusement nous ne possédons des observations pour cette ville que depuis 1897 ; la moyenne des quatre années 1897 à 1900 donne 1744 h. à Genève et 1796 h. à Lausanne. Cet avantage de la région sud-ouest de notre pays est une compensation de l'abondance des jours de *bise*, les vents du NE et NNE sont en effet plus fréquents dans la plaine suisse comprise entre les Alpes et le Jura et qui est à peine coupée de collines que dans la suisse centrale et orientale où les ramifications des contreforts des Alpes

et du Jura divisent le pays et empêchent l'action intense de grands courants[1].

Le sud des Alpes, à en juger par Lugano, a une insolation très forte, supérieure à celle qu'on attendrait de sa latitude, il y a là un effet local tout au bénéfice de la jolie ville tessinoise.

Le climat de montagne est caractérisé par une faible insolation relative due à la nébulosité d'été qui règne à la montagne et que la pureté de l'air dans les jours courts de l'hiver ne peut compenser. Cette faible insolation relative de sommets dont l'horizon est pourtant entièrement découvert est confirmée par les mesures faites au Sonnblick en Autriche à 3103 m. qui n'a que 1531 heures de soleil représentant 34 °/o du maximum.

Quelque chiffres de comparaison avec les pays voisins nous permettent de mieux juger de la valeur du climat solaire que nous avons. nous les empruntons au mémoire de M. Helmüth-König[2] qui donne l'insolation absolue et relative de quelques localités

Londres....	1026 h. (26 °/o)	Magdeburg.	1603 h. (36 °/o)
Rostock....	1696 h. (38 °/o)	Madrid....	2968 h. (66 °/o)
Pola.......	2547 h. (57 °/o)	Hambourg.	1236 h. (28 °/o)
Greenwich .	1227 h. (28 °/o)	Vienne....	1812 h. (41 °/o)

D'après cet auteur l'insolation moyenne des Iles Britanniques serait 1400 h. 30 (°/o), celle de l'Allemagne centrale 1700 h. (38 °/o), celle de l'Autriche 2300 h. (52 °/o), celle de l'Italie 2300 h. (52 °/o) enfin celle de l'Espagne 3000 (68 °/o).

[1] Ueber die Nordwinde der Westschweiz, von Dr Jul. Müller. *Annalen der Schweizerischen Meteorolog. Central-Anstalt.*

[2] *Naturwissenschaftliche Rundschau.* 25 nov. 1895, p. 597.

D'après les tableaux ci-dessus l'insolation moyenne de la Suisse, au nord des Alpes, sur le plateau serait 1790 h. soit 44 %.

Il nous a paru intéressant de calculer, pour une station au moins ayant un nombre d'années suffisant, les valeurs de l'insolation pour tous les jours de l'année. Dans ce but nous avons dépouillé la série des 15 années d'observations de Lausanne qui s'étend de 1887 à 1901 et calculé pour chacun des jours de l'année la valeur moyenne des heures de soleil déduite de la somme des quinze années d'observations divisé par quinze. L'examen des résultats permet de déterminer si la courbe présente des anomalies, c'est-à-dire si certaines périodes de l'année ont une insolation supérieure ou inférieure à la valeur moyenne de leur époque. Le nombre des années dont nous disposons ne permet pas de juger si ces anomalies sont physiques, c'est-à-dire si elles représentent un état normal, ou si en multipliant les années d'observations elles disparaîtront. Il y aura donc lieu d'ajouter plus tard aux chiffres calculés de nouvelles périodes, comme cela a été fait pour les valeurs moyennes diurnes de la température calculées par M. E. Plantamour dans ses belles *Etudes sur le climat de Genève*. Pour éviter à d'autres de refaire tout le travail déjà fait nous croyons utile de publier *in extenso* les deux tableaux des pages 430 et 431, qui indiquent jour par jour l'insolation diurne moyenne déduite de la série des années 1887-1901[1]. L'étendue d'un graphique tracé avec ses 365 points nous a engagé à éta-

[1] Ces tableaux sont établis suivant l'année météorologique 1er décembre à 30 novembre qui convient mieux dans ce cas que l'année civile.

Lausanne. *Valeurs diurnes de l'insolation.* 1887-1901.

Moyennes de 15 ans.

	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
1	2.89	1.85	1.21	4.23	5.40	5.60
2	3.84	1.94	1.28	4.72	6.20	7.00
3	2.27	2.81	2.39	4.59	6.53	5.91
4	1.49	2.70	3.41	4.27	3.98	7.55
5	1.07	1.54	3.10	3.57	4.75	8.61
6	0.81	2.63	3.20	4.80	5.87	6.53
7	0.75	1.23	2.50	4.98	5.90	7.09
8	1.70	2.35	2.82	5.03	6.10	5.88
9	1.79	0.71	2.21	3.20	6.21	6.43
10	1.90	2.67	4.70	3.05	5.67	5.91
11	2.04	2.85	4.50	3.77	5.12	6.01
12	1.59	1.67	3.71	4.48	5.36	9.01
13	1.65	1.47	3.92	3.26	3.96	7.48
14	1.68	0.97	3.89	4.18	6.72	7.45
15	0.50	1.03	4.44	5.03	5.93	7.15
16	2.55	1.24	4.02	2.69	4.35	7.09
17	1.54	1.63	3.62	3.99	5.21	7.37
18	0.96	2.56	4.45	3.70	5.44	7.85
19	1.15	2.14	4.44	4.61	7.11	6.90
20	1.35	2.23	4.51	4.50	7.74	5.91
21	0.91	1.97	4.06	5.65	8.16	6.00
22	1.82	1.65	3.94	5.19	7.26	4.67
23	1.77	2.40	5.97	6.53	4.71	4.93
24	1.88	2.60	4.66	4.80	5.13	6.33
25	2.32	3.10	5.25	3.83	5.32	6.89
26	1.65	3.60	4.35	3.23	6.79	7.06
27	2.55	2.27	4.51	5.19	6.85	7.51
28	2.46	2.28	3.82	5.62	3.60	6.44
29	1.63	3.60	—	3.70	5.65	7.10
30	1.13	3.50	—	5.38	4.28	9.87
31	1.27	3.24	—	5.11	—	6.80
Mois	1.75	2.23	3.74	4.45	5.77	6.89

Lausanne. Valeurs diurnes de l'insolation. 1887-1901.

Moyennes de 15 ans.

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Nov.
1	9.05	7.71	9.23	6.74	5.24	3.26
2	7.97	8.62	7.23	7.39	4.04	2.09
3	7.77	6.10	9.08	6.31	4.49	2.49
4	8.43	6.45	8.51	6.21	3.95	3.37
5	8.17	6.77	6.41	6.71	3.73	3.88
6	7.55	8.30	6.93	5.94	3.78	2.26
7	8.44	9.38	7.66	7.28	3.60	2.00
8	7.66	8.66	8.42	6.26	4.25	2.06
9	6.78	10.30	8.73	7.03	3.47	3.64
10	7.45	8.52	10.00	7.33	4.84	1.58
11	7.35	9.14	7.36	6.85	4.95	2.71
12	8.55	8.90	8.93	6.28	4.66	2.83
13	7.61	7.77	7.51	6.04	3.81	3.55
14	5.73	7.24	9.97	5.76	5.25	1.30
15	4.73	7.78	9.71	6.61	5.14	2.29
16	6.07	8.91	7.19	7.27	4.24	2.70
17	6.04	8.76	10.00	6.51	3.61	2.52
18	6.28	7.93	8.98	8.05	3.30	2.55
19	7.91	7.21	9.38	6.15	4.51	2.90
20	6.45	7.48	7.26	5.76	4.27	2.17
21	7.26	7.87	6.47	5.13	3.87	2.08
22	7.79	7.05	8.83	4.09	4.81	1.87
23	7.75	6.35	7.78	4.83	4.09	1.15
24	8.70	9.25	7.05	4.74	3.92	1.73
25	6.19	10.20	7.83	4.53	3.98	1.99
26	8.05	9.29	7.63	6.41	4.85	2.16
27	9.92	7.73	8.71	6.68	4.25	2.61
28	9.13	8.05	5.48	4.95	5.09	2.83
29	6.61	6.53	8.90	5.13	3.85	2.29
30	9.44	8.78	9.02	3.91	4.31	2.24
31	—	7.78	8.17	—	4.30	—
Mois	7.58	8.17	8.21	6.49	4.25	2.43

blir un second tableau, comme M. Plantamour l'a fait également pour le climat de Genève, en groupant les valeurs des insolations diurnes par périodes de cinq jours, les pentades, qui donnent six points par mois et permettent de voir mieux que sur les observations originales les variations persistantes des courbes. Le tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes par pentades, et la courbe de la Planche III représente graphiquement le tableau.

Lausanne *Répartition des heures de soleil par pentades.* 1887-1901

D	1	2.55	M	19	4.33	I	37	8.16	S	56	6.67
	2	1.22		20	4.32		38	8.07		57	6.77
	3	1.76		21	3.75		39	7.56		58	6.31
	4	1.34		22	4.00		40	6.03		59	6.74
	5	1.55		23	5.33		41	7.14		60	4.66
	6	2.12		24	4.31		42	8.12		61	5.41
J	7	1.80	A	25	5.72	H	43	8.32	O	62	4.29
	8	2.09		26	5.32		44	7.40		63	3.99
	9	1.87		27	5.26		45	9.12		64	4.76
	10	1.49		28	5.53		46	8.09		65	3.99
	11	2.09		29	7.01		47	7.51		66	4.13
	12	2.77		30	5.54		48	8.56		67	4.47
F	13	2.57	M	31	5.69	A	49	8.07	N	68	3.10
	14	2.92		32	7.13		50	7.63		69	2.77
	15	3.59		33	6.97		51	8.43		70	2.39
	16	3.98		34	7.38		52	8.66		71	2.59
	17	4.28		35	5.68		53	8.22		72	1.87
	18	4.95		36	6.84		54	7.82		73	2.37
							55	8.05			

On peut tirer de l'étude des chiffres de ce tableau et des graphiques les quelques observations suivantes.

Une période relativement claire s'étend du 20 décembre au 10 janvier, elle est suivie de trois semaines

sombres du 25 janvier au 15 février. Vérifiant un proverbe populaire patois qui dit que « Février est à moitié ouvert (sur le printemps), si ce n'est au commencement c'est à la fin » nous constatons une éclaircie rapide du 15 février au 10 mars, suivie d'une forte dépression du 10 mars au 20 avril interrompue par de courtes éclaircies du 20 au 25 mars, et du 1er au 5 avril. Période claire du 5 au 20 mai suivie d'une série très sombre du 20 au 30 mai.

La première quinzaine de juin est claire, elle est suivie d'une période sombre du 16 au 25. Juillet est très variable, l'insolation maximum a lieu du 10 au 15 juillet, maximum absolu le 9 avec 10^{h}20^m de soleil.

Une belle période de forte insolation a lieu du 16 août au 20 septembre ; elle est suivie d'une baisse rapide et de grandes variations du 21 sept. au 25 octobre, la fin d'octobre est relativement claire ; baisse rapide de la clarté dans la première quinzaine de novembre, élaircie du 15 au 20, puis pentade sombre, éclaircie du 25 novembre au 5 décembre. Le minimum d'insolation a lieu du 5 au 10 décembre, le minimum absolu est pour le moment le 15 avec 0^{h}30^m de soleil.

Il est probable que ces variations de l'insolation diminueront d'amplitude et de durée lorsque la statistique disposera d'un plus grand nombre d'années d'observation, une comparaison avec les anomalies de la courbe de température d'aprés cinquante années d'observations établie par M. Plantamour pour Genève est donc prématurée. Nous l'avons faite cependant à titre provisoire. La première anomalie négative de la courbe de température est celle du 5 au 15 février elle est en coïncidence partielle avec la faible insolation du 21 jan-

vier au 15 février, il y a cependant un retard de la variation de la température sur celle de l'insolation; une anomalie positive a lieu à la fin du mois et au commencement de mars. Un ralentissement dans l'accroissement de la température a lieu du 20 au 25 avril, il succède à la dépression de l'insolation du milieu de mars au 20 avril. Du 20 juin au 5 juillet la température s'élève à peine, en même temps une dépression de l'insolation a lieu du 16 au 25 juin.

Dans la branche descendante de la courbe de température on constate un ralentissement du refroidissement dans la période du 20 septembre au 1er octobre, elle succède ainsi à la période d'insolation élevée qui s'étend du milieu d'août au 20 septembre. Enfin une anomalie positive de température a lieu du 20 novembre au commencement de décembre correspondant partiellement à l'éclaircie du 25 novembre au 5 décembre.

Le minimum de température correspond à la période du 1er au 5 janvier, tandis que le minimum d'insolation a lieu du 6 au 11 décembre et précède par conséquent le solstice d'hiver. Le maximum d'insolation a lieu du 10 au 15 juillet, tandis que la pentade la plus chaude est celle du 15 au 19. Nous le répétons les chiffres, en ce qui concerne l'insolation, ont un caractère provisoire, les époques des maxima comme celle des anomalies seront probablement modifiées par une plus longue série d'années d'observations.

Nous croyons cependant que cette étude qui pourra et devra être complétée permet de se faire déjà une idée assez exacte de la distribution des heures de soleil sur le territoire de notre petit pays.

Août 1903.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Décembre 1902, Janvier et Février 1903.

(HIVER 1903)[1]

OBSERVATIONS DIVERSES

Décembre 1902.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 4, 10, 11, 14, 17 et 30 à Savatan ; les 1, 4, 5 et 6 à Dailly ; les 1, 4, 5, 6, 7, 16, 17, 19, 20, 21, 27, 30 et 31 à l'Aiguille.

Neige sur le sol du 4 au 11 et les 13, 15 et 16 à Lavey ; du 4 au 6 et les 20, 30 et 31 à Savatan ; du 4 au 17 et du 19 au 31 à Dailly ; le 1 et du 4 au 31 à l'Aiguille.

Fœhn le 29 à Savatan.

[1] Pour l'année météorologique 1903, commençant avec le mois de décembre 1902, les observations faites aux fortifications de Saint-Maurice portent sur un élément météorologique de plus. Des *hygromètres* à cheveux de Lambrecht ont été installés aux stations des forts de Savatan et de Dailly et sont observés trois fois par jour en même temps que les autres instruments. Les tableaux mensuels contiennent donc, en première page, la *fraction de saturation* moyenne de chaque jour, moyenne des trois observations diurnes ; aux petits tableaux de la page suivante figure aussi, par décades, la variation diurne de la fraction de saturation. Nous avons également ajouté à ces tableaux la variation diurne, par décades, de la nébulosité aux trois stations de Lavey, Savatan et Dailly. Il en est résulté que nous ne publions à la fois, pour 1903, que les observations de trois mois consécutifs correspondant à une saison météorologique.

Une autre modification a été introduite dans les tableaux donnant les valeurs moyennes diurnes de tous les éléments : les valeurs *maxima* et *minima* ont été imprimées en caractères gras dans les colonnes où cela était possible.

MOIS DE DÉCEMBRE 1902

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	698.1	651.5	+ 4.5	+ 1.6	89	**99**	7	7	7	1.0	....	1.6	....	1.2	....	0.3	....
2	699.8	653.0	4.8	+ 2.9	72	57	8	9	10	....	....	1.0	....	0.2	....	0.2	....
3	700.0	653.2	+ 3.0	- 0.3	76	86	5	6	6	2.0	....	3.0	4	3.9	8	4.5	10
4	700.8	652.8	- 2.8	- 6.0	91	**99**	10	10	10	9.9	**7**	11.5	9	**12.8**	**16**	**14.5**	**18**
5	701.8	652.7	**- 8.2**	**-11.0**	89	98	10	10	10	....	....	....	....	....	....	0.2	....
6	702.5	653.4	- 6.8	-10.5	83	97	10	10	10	....	....	....	....	0.2	....	0.1	1
7	702.1	653.4	- 5.7	- 8.5	87	96	10	10	10	1.3	3	1.5	2	1.6	2	....	....
8	700.1	652.3	- 4.4	- 4.2	93	98	7	7	6	....	....	....	....	....	....	....	....
9	699.2	652.0	- 2.6	- 2.1	71	69	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	704.0	656.1	- 5.5	+ 1.8	97	44	10	10	0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	705.6	657.9	- 4.9	2.5	**98**	38	10	8	2	....	....	0.8	....	....	....	....	....
12	707.2	659.9	- 2.5	4.6	**98**	**31**	8	7	3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	710.5	662.5	- 0.1	3.1	75	43	10	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
14	712.7	664.2	- 0.7	1.2	77	55	3	3	0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	710.5	662.3	- 1.1	+ 0.9	88	64	5	4	3	1.5	....	0.9	....	0.7	2	0.4	1
16	712.3	664.3	+ 1.2	- 0.6	78	67	7	5	8	7.5	....	8.3	1	10.7	....	12.6	1
17	712.7	665.4	3.5	+ **6.0**	94	78	7	8	7	1.5	....	2.1	....	2.7	....	1.4	....
18	709.3	662.2	**7.1**	+ 4.0	71	71	9	8	9	3.5	....	3.8	....	5.9	3	6.1	2
19	709.1	660.9	1.3	- 2.7	87	95	10	10	10	3.8	....	2.8	1	2.4	4	5.4	5
20	709.7	661.7	0.9	- 1.0	75	77	10	9	10	6.0	....	5.2	....	5.0	6	5.8	7
21	708.3	660.7	1.8	- 0.3	97	96	10	10	10	**17.0**	...	**15.0**	....	11.3	13	12.7	9
22	710.5	662.1	+ 2.3	- 1.0	73	87	2	2	5	....	....	....	....	....	....	....	....
23	713.6	664.7	- 1.9	- 3.4	84	82	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	**714.7**	**666.2**	- 0.8	0.0	72	65	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	713.4	665.2	0.0	- 0.6	57	57	0	0	0	....	...	....	....	....	....	....	....
26	711.8	663.6	+ 2.0	+ 1.2	72	61	8	8	9	....	....	....	....	....	....	....	....
27	711.7	664.1	4.3	1.0	83	85	2	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
28	704.4	657.5	1.7	0.4	68	65	0	3	2	....	...	....	....	....	....	....	....
29	693.2	647.5	2.9	+ 1.5	**55**	55	1	3	1	0.2	....	....	....	....	....	....	....
30	**686.9**	**640.9**	+ 0.7	- 2.7	90	96	10	10	9	9.3	....	8.3	**10**	9.7	12	8.8	11
31	691.5	644.4	- 2.3	- 3.9	80	71	3	3	6	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.42	657.71	- 0.27	- 0.81	81	74	6.3	6.0	5.6	64.5	10	65.8	27	68.3	66	73.0	65

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1902

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	700.63	700.74	701.17	700.85	652.81	652.97	653.38	653.05
2me » ...	710.07	709.50	710.32	709.96	662.21	661.75	662.45	662.14
3me » ...	705.99	705.17	705.22	705.46	658.26	657.59	657.88	657.91
Mois..	705.57	705.14	705.56	705.42	657.78	657.44	657.90	657.71

Température.

	Savatan					
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	-2.74	-1.18	-3.18	-2.37	-4.4	0.0
2me » ...	-0.48	+1.36	+0.50	+0.46	-1.5	+2.9
3me » ...	-0.05	+1.96	+1.02	+0.98	-1.3	+3.2
Mois..	-1.06	+0.75	-0.50	-0.27	-2.3	+2.1
	Dailly					
1re décade..	-3.94	-3.12	-3.81	-3.62	-7.0	-1.5
2me » ...	+0.56	+3.58	+1.21	+1.78	-2.7	+4.8
3me » ...	-1.54	+0.25	-0.84	-0.71	-3.7	+2.1
Mois..	-1.64	+0.24	-1.14	-0.84	-4.5	+1.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	88	81	86	85	85	83	84	84
2me » ...	85	79	88	84	63	59	64	62
3me » ...	80	72	75	76	79	70	75	75
Mois..	84	77	83	81	76	71	74	74

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	8.2	9.0	7.0	8.1	8.6	9.0	6.7	8.1	7.0	8.3	6.0	7.1
2me » ...	7.5	7.3	8.8	7.9	5.8	6.1	7.4	6.4	4.5	6.3	5.6	5.5
3me » ...	4.0	3.0	2.7	3.2	4.5	3.3	3.7	3.8	4.3	3.9	4.6	4.3
Mois..	6.5	6.3	6.1	6.3	6.2	6.0	5.9	6.0	5.2	6.1	5.4	5.6

MOIS DE JANVIER 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	699.5	652.1	− 2.2	− 4.3	54	50	1	5	2	....	....	....	....	....	....	....	....
2	704.2	656.2	− 0.3	− 1.5	57	61	10	10	10	3.8	....	5.5	....	6.6	....	3.5	....
3	705.7	658.8	+ 3.1	+ 4.0	**97**	87	10	9	10	10.4	....	11.4	....	12.4	....	11.3	....
4	708.1	660.6	4.4	4.6	65	53	8	9	8	1.8	....	1.8	....	2.2	....	2.6	....
5	706.8	660.1	6.3	7.0	83	66	5	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
6	701.9	656.8	10.1	**8.5**	**34**	**36**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	701.1	654.9	5.6	4.0	50	47	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
8	701.9	656.0	8.0	3.3	39	48	3	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
9	698.7	653.6	10.4	5.2	39	52	3	2	5	....	....	....	....	....	....	....	....
10	696.9	651.7	**10.7**	5.6	45	61	9	7	10	....	....	0.3	....	0.8	....	0.2	....
11	**693.4**	647.4	+ 6.1	+ 2.0	72	80	8	6	8	**16.8**	....	**17.2**	1	**19.1**	13	14.4	13
12	694.2	**646.7**	− 1.0	− 3.7	95	**96**	10	9	10	15.0	**5**	11.8	**8**	15.1	**21**	**21.0**	**24**
13	697.0	648.8	− 4.9	− 8.9	83	84	10	7	6	....	....	....	....	1.4	3	1.6	4
14	705.2	655.7	− 5.5	− **9.5**	80	83	10	9	10	....	....	....	....	0.3	1	0.1	1
15	709.2	659.6	− **7.7**	− 7.3	82	83	1	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	709.8	660.7	− 7.3	− 6.0	85	90	6	4	0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	710.0	660.7	− 5.5	− 4.3	70	57	3	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	711.1	662.6	− 2.7	− 2.4	82	46	10	9	10	....	....	....	....	....	....	....	....
19	710.8	662.6	− 0.9	− 0.8	81	45	5	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
20	709.1	661.5	− 0.7	− 1.0	69	46	7	6	6	....	....	....	....	....	....	....	....
21	708.3	660.3	− 1.6	− 2.0	59	52	0	0	3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	707.5	659.8	− 2.5	− 2.3	65	52	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	706.5	658.3	− 1.5	− 1.9	62	61	5	6	5	0.3	1	0.8	2	1.2	3	1.7	3
24	711.0	662.2	− 0.9	− 3.8	71	89	0	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
25	713.1	664.3	− 0.5	− 2.0	54	50	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
26	**716.0**	**668.1**	+ 3.1	+ 4.1	53	43	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	714.5	667.4	5.8	6.6	46	40	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	711.7	664.1	3.8	5.8	61	44	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	715.4	667.3	2.7	0.7	63	77	1	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
30	714.8	666.2	+ 0.7	0.5	57	52	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
31	708.6	661.2	− 0.1	+ 1.3	57	37	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	706.51	658.91	+ 1.14	+ 0.06	65	60	4.1	3.8	3.9	48.1	6	48.8	11	59.1	41	56.4	45

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	702.60	702.33	702.48	702.47	655.90	656.10	656.25	656.08
2me » ...	704.55	704.55	705.84	704.98	656.24	656.39	657.25	656.62
3me » ...	711.71	711.37	711.67	711.58	663.80	663 51	663.41	663.57
Mois..	706.46	706.25	706.82	706.51	658.81	658.82	659.11	658.91

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
Savatan						
1re décade...	+4.16	+7.09	+5.60	+5.62	+2.4	+8.1
2me » ...	-3.70	-1.34	-3.98	-3.01	-7.2	+1.2
3me » ...	-0.95	+2.71	+0.75	+0.83	-1.7	+4.0
Mois..	-0.19	+2.82	+0.79	+1.14	-2.2	+4.4
Dailly						
1re décade...	+2.39	+4.85	+3.69	+3.64	-1.0	+6.2
2me » ...	-4.89	-2.62	-5.01	-4.17	-7.1	-1.2
3me » ...	-1.12	+2.77	+0.28	+0.64	-3.1	+4.7
Mois..	-1.20	+1.70	-0.33	+0.06	-3.7	+3.3

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	58	54	57	56	58	54	56	56
2me » ...	80	74	86	80	74	66	73	71
3me » ...	59	55	62	59	57	49	56	54
Mois..	66	61	68	65	63	56	62	60

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.4	3.9	5.8	5.0	5.0	5.3	4.5	4.9	5.1	4.7	6.0	5.3
2me » ...	6.5	7.7	6.9	7.0	6.1	6.6	4.7	5.8	6.5	5.4	4.8	5.6
3me » ...	0.3	0.7	0.5	0.5	1.2	0.7	0.9	0.9	0.7	1.2	1.5	1.1
Mois..	3.9	4.0	4.3	4.1	4.0	4.1	3.3	3.8	4.0	3.7	4.0	3.9

MOIS DE FÉVRIER 1903

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	0	0	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	698.5	651.5	+ 3.9	+ 0.4	58	63	10	7	9	5.7	....	4.3	5	4.3	5	3.7	5
2	**695.4**	**648.1**	- 0.3	- 3.4	**92**	**93**	10	10	10	8.1	....	8.0	**10**	11.7	**12**	**11.1**	**13**
3	709.6	660.9	- 0.7	- **4.9**	67	85	5	5	6	....	....	....	....	....	....	....	....
4	713.4	664.8	- 0.9	- 2.8	63	66	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	713.0	664.8	- 0.8	+ 0.8	71	50	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	711.3	663.1	- 0.8	4.2	82	37	3	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	712.1	664.8	+ 0.7	3.8	63	38	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	716.3	668.5	3.3	5.2	49	34	2	2	3	....	....	....	....	....	....	....	....
9	717.2	669.6	6.9	5.5	50	59	5	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
10	717.9	670.2	5.7	4.1	75	77	0	1	0	....	...	....	....	....	....	....	....
11	716.4	669.2	5.4	5.2	61	47	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	710.4	663.3	3.1	+ 3.4	64	49	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	708.5	661.1	2.5	- 0.2	79	91	1	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
14	706.4	658.8	0.5	- 1.0	79	81	2	2	3	....	....	....	...	....	....	....	....
15	704.2	656.6	1.0	- 1.7	87	82	10	8	10	6.3	....	6.2	....	6.7	10	4.7	9
16	706.9	659.1	+ 1.7	- 2.2	72	89	7	6	7	....	....	....	....	0.5	....	0.6	....
17	715.0	666.0	- **1.6**	- 4.4	53	55	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	716.5	667.9	+ 0.3	+ 0.1	49	35	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	717.7	670.0	3.8	5.4	47	34	0	0	0	....	....	....	....	....	...	....	....
20	**718.5**	**671.1**	7.5	7.4	41	36	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
21	717.4	670.5	9.7	11.0	**36**	**32**	4	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
22	713.2	666.2	**12.7**	11.0	39	37	10	7	9	....	....	....	....	....	....	....	....
23	705.1	659.7	11.5	+**11.3**	54	56	9	8	8	9.6	....	9.9	....	10.2	7	6.3	6
24	709.6	661.6	3.7	- 1.3	55	58	3	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	708.8	661.4	6.5	+ 3.0	39	44	1	1	0	....	....	...	....	....	....	....	....
26	709.0	662.0	6.9	3.0	55	62	9	7	6	0.1	....	0.1	....	0.1	....	0.3	....
27	706.6	660.3	8.9	4.2	39	52	3	5	4	....	....	....	....	....	....	....	....
28	704.2	657.6	+ 6.7	+ 2.7	70	69	7	9	9	**11.9**	....	**13.3**	....	**11.8**	....	7.5	....
Mois	710.68	663.17	+ 3.86	+ 2.49	60	58	3.6	3.2	3.4	41.7		41.8	15	45.3	34	34.2	33

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1903

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	710.14	710.04	711.27	710.48	662.08	662.42	663.39	662.63
2me » ...	712.14	711.70	712.29	712.04	664.25	664.23	664.46	664.32
3me » ...	709.61	708.97	709.13	709.24	662.77	662.36	662.16	662.43
Mois..	710.70	710.33	711.02	710.68	663.05	663.05	663.42	663.17

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o	o
Savatan						
1re décade...	+0.38	+ 3.46	+1.28	+1.71	-0.6	+ 4.8
2me » ...	+0.22	+ 4.50	+2.60	+2.44	-0.7	+ 6.0
3me » ...	+6.92	+10.37	+7.70	+8.33	+4.0	+12.4
Mois..	+2.19	+ 5.81	+3.59	+3.86	+0.7	+ 7.4
Dailly						
1re décade...	-0.38	+3.31	+0.94	+1.29	-2.1	+4.8
2me » ...	-0.99	+3.50	+1.10	+1.20	-2.3	+5.5
3me » ...	+3.72	+8.25	+4.86	+5.61	+1.8	+9.4
Mois..	+0.57	+4.79	+2.12	+2.49	-1.0	+6.4

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	62	62	77	67	62	55	64	60
2me » ...	68	61	61	63	64	57	59	60
3me » ...	45	46	55	48	55	46	53	51
Mois..	59	57	65	60	61	53	59	58

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	3.5	2.8	4.3	3.5	2.9	2.4	2.8	2.7	2.8	2.9	3.8	3.2
2me » ...	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	2.0	1.6	1.8	2.1	2.5	2.0	2.2
3me » ...	6.9	6.4	3.6	5.6	5.6	6.9	3.9	5.5	5.9	4 6	4.8	5.1
Mois .	3.9	3.5	3.3	3.6	3.3	3.5	2.7	3.2	3.4	3.3	3.4	3.4

OBSERVATIONS DIVERSES

(Suite)

Janvier 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 12, 13 et 14 à l'Aiguille.

Neige sur le sol les 12 et 24 à Lavey; le 2, du 12 au 22 et le 24 à Savatan; du 1 au 8 et du 12 au 31 à Dailly; neige persistant tout le mois à l'Aiguille.

Fœhn le 6 au soir à Savatan; les 8, 9 et 10 à Lavey et Savatan.

Février 1903.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 6 à Lavey, le 1 à Dailly; les 2, 13 et 16 à l'Aiguille.

Neige sur le sol les 2 et 3 à Lavey; du 2 au 5 à Savatan; du 1 au 10, du 16 au 20 et les 24 et 25 à Dailly; neige persistant tout le mois à l'Aiguille.

Fœhn le 1 à Savatan; les 21, 25 et 27 à Lavey et Savatan.

RAPPORTS

DE LA

TUBERCULOSE HUMAINE

ET DE LA

TUBERCULOSE BOVINE

PAR

le prof. **Ad. D'ESPINE**.

La question de l'importance de la tuberculose bovine comme source de tuberculose pour la race humaine, a été traitée au Congrès d'hygiène de Bruxelles, en septembre 1903. Il nous a paru intéressant de résumer pour les *Archives* l'état de la question d'après les discussions approfondies qui ont eu lieu au Congrès, ainsi que d'après les rapports très complets de M. le prof. Gratia de Curreghem, et M. le prof. Fibiger de Copenhague, ainsi que d'après les dernières communications du professeur von Behring, à Cassel.

L'identité spécifique de la tuberculose chez l'homme et les mammifères paraissait une des vérités scientifiques les mieux démontrées il y a deux ans à peine. Elle remontait aux premières expériences de Villemin, en 1865, et semblait assise sur des bases scientifiques en apparence inébranlables depuis les travaux de Chauveau, de Gerlach, de Bollinger, etc., qui établissaient la transmissibilité de la tuberculose humaine aux bovidés.

Aussi la célèbre communication de R. Koch au Congrès de Londres de 1901 retentit-elle comme une fanfare guerrière au sein de la paix la plus profonde. En effet, ce savant auquel on devait la connaissance du bacille de la tuberculose et dont l'autorité en pareille matière était universellement reconnue, venait affirmer au Congrès que la tuberculose humaine diffère de la tuberculose bovine et ne peut être transmise au bétail, que d'autre part la transmission à l'homme de la tuberculose du bétail est à peine plus fréquente que la tuberculose héréditaire, et qu'il est inutile de prendre des mesures sanitaires contre elle.

I. Transmissibilité de la tuberculose humaine aux bovidés.

Le professeur Koch étayait sa théorie dualiste sur un travail expérimental fait en collaboration avec le professeur Schütz [1] et qui peut se résumer ainsi. Sur 34 animaux (veaux, porcs, moutons) inoculés avec des produits bacillifères de tuberculose humaine, 30 sont restés indemnes, 4 ont donné des résultats douteux, tandis que 21 animaux, inoculés avec des cultures de bacilles d'origine bovine, ont présenté des lésions tuberculeuses graves et généralisées.

Ces faits venaient confirmer des expériences plus anciennes de Pütz [2] en Allemagne, de L. Smith [3], de

[1] Transmissibilité de la tuberculose humaine aux bovidés. *Arch. für wissench. u. prakt. Thierheilk.* B. XXVIII, 1902.

[2] *Münch. med. Woch.*, 1893 n° 1.

[3] *The Journal of experimental Medicin*, 1893.

Frothingham [1], et de Dinwiddie [2] en Amérique, et semblaient établir d'une manière éclatante que le veau, le porc et le mouton ne sont pas sensibles au virus tuberculeux de l'homme, alors qu'ils sont gravement infectés quand on leur inocule le virus du bœuf.

Si l'on tient compte des 4 résultats douteux avec une infection locale discrète positive, il serait plus exact, comme le fait remarquer le professeur Gratia, de conclure des expériences de Koch et Schütz, à une virulence considérable de la tuberculose bovine et une virulence faible de la tuberculose humaine, vis-à-vis des animaux auxquels on les a inoculées comparativement.

Les conséquences pratiques que Koch tirait de ses expériences, suscitèrent déjà au Congrès de Londres une formidable opposition et furent le point de départ d'une série importante d'expérimentations de contrôle dans tous les pays depuis deux ans, qu'on peut résumer ainsi :

S'il est vrai d'une manière générale, ainsi que le fait ressortir le Dr de Jong, de Leyde, que la maladie expérimentale d'origine bovine a un caractère plus grave et une évolution plus aiguë sur les bovidés que celle qui résulte de l'inoculation de la tuberculose humaine, il n'y a pas de doute qu'on ne puisse transmettre la tuberculose humaine à tous les animaux, bœufs, moutons, chèvres, singes, chiens, que l'on opère par voie intra-veineuse et à dose massive.

Il ressort également soit des expériences de de Jong à Leyde, soit de celles d'Arloing à Lyon, de Fibiger

[1] *Report of Massachussets, Cattle Commission for 1897.*

[2] *Arkansas agricultural experimental Station* 1899, n° 57.

et Jensen en Danemark, etc., que les diverses souches de bacilles tuberculeux de l'homme présentent des différences considérables dans leur virulence, expliquant suffisamment les différences des résultats obtenus par les divers expérimentateurs. Mais, d'une façon générale, le bacille tuberculeux du bœuf représente la plus haute virulence connue (Behring).

Si l'on veut exprimer par des chiffres la relation de virulence respective des bacilles humains et bovins, on peut dire avec le Dr Pupier[1], qui a rassemblé dans sa thèse, sous forme de tableaux, tous les documents publiés, que les inoculations de tuberculose *humaine* aux grands animaux, ont donné 56 insuccès sur 171 expériences, et que les expériences analogues pratiquées avec la tuberculose *bovine* n'ont donné que 7 insuccès sur 106.

II. Transmissibilité de la tuberculose bovine à l'homme.

Nous avons vu que la première proposition de Koch, seule accessible à l'expérimentation directe, ne peut être admise que dans un sens relatif et n'a rien d'absolu.

La seconde proposition, qui n'en découle point nécessairement, la *non-transmissibilité de la tuberculose bovine à l'homme*, nous transporte sur un terrain tout différent, celui de la clinique, dont les preuves directes sont exclues puisque l'expérimentation scientifique est impossible. Néanmoins il ne sera pas difficile de

[1] Pupier. De l'unité de la tuberculose humaine et de la tuberculose animale. Thèse de Lyon, 1903.

démontrer non seulement que la thèse de Koch ne tient pas debout, mais que *l'hypervirulence du bacille bovin* constitue un danger exceptionnel d'infection, chez l'enfant principalement.

Un premier ordre de preuves indirectes est donné par les inoculations réussies de la tuberculose bovine aux singes anthropoïdes (Grünbaum, Nocard, Ravenel, Gratia, etc.) Parmi les nombreuses expériences, citons celles de Cipollina[1], qui a infecté le singe avec du lait bacillifère de vache, et a produit une tuberculose généralisée sans lésions intestinales.

Les inoculations accidentelles de la tuberculose bovine chez l'homme, dans le tissu cutané et le tissu cellulaire sous-cutané, forment une seconde catégorie de preuves; elles constituent des arguments *ad hominem*. Il s'agit le plus souvent de piqûres anatomiques chez des vétérinaires ou des bouchers, suivies d'accidents locaux tuberculeux et dans quelques cas de généralisation tuberculeuse aux tendons, aux ganglions axillaires et sous-claviculaires, qui ont pu être enrayés le plus souvent par une extirpation chirurgicale. Tel a été le célèbre cas d'inoculation volontaire faite sur lui-même par Garnault en France.

Dans certains cas enfin, les malades ont fini par succomber à une tuberculose pulmonaire qui semblait directement consécutive à l'infection cutanée (le cas de Pfeiffer[2], par exemple).

Si les partisans du dualisme de la tuberculose insistent sur la bénignité habituelle de ces infections cuta-

[1] *Berl. klin. Wochenschr.*, 1903, nº 8.
[2] *Zeitschr. für Hygiene,* 1888, Bd. III, p. 209.

nées chez l'homme comme une preuve en leur faveur, on peut leur répondre que cette voie d'infection étant peu propice à la généralisation, donne lieu également chez les bovidés à des lésions localisées.

Qu'ils soient généralisés ou localisés, il n'en résulte pas moins que les accidents que nous avons cités, constituent une preuve indéniable de la transmissibilité de la tuberculose bovine à l'homme.

Nous arrivons au troisième ordre de preuves, la transmission de la tuberculose animale à l'homme par *les voies digestives*.

La plupart des observations publiées d'infection par le lait bacillifère des vaches tuberculeuses, ont été mises en suspicion par Koch, parce qu'à son avis on ne pouvait pas exclure absolument dans ces cas la possibilité d'une contagion inter-humaine. Il y en a pourtant dans le nombre qui ont porté la conviction dans beaucoup de bons esprits. Telle l'observation de Hills[1] : « Un enfant de 21 mois qui avait pris pendant une semaine le lait d'une vache tuberculeuse, mourut trois mois plus tard de tuberculose intestinale. Un second enfant, nourri au lait stérilisé, resta bien portant. » Hills pense pouvoir exclure toute autre cause d'infection.

Le côté anatomopathologique de la question vient corroborer l'observation clinique. La prédominance de la tuberculose abdominale dans la première enfance est incontestable. Mon père le Dr Marc D'Espine[2] avait déjà constaté il y a 60 ans, que la mortalité par tuberculose abdominale atteint son maximum entre un et trois ans.

[1] In Repp. *The Journ. of compar. Med. and Veter Arch.* Nov. et déc. 1901.

[2] Marc D'Espine. Statistique mortuaire. Genève 1859.

Les autopsies de tuberculose intestinale primitive chez l'enfant ne sont pas aussi rares qu'on a bien voulu le dire. Elles demandent des recherches minutieuses ; aussi les dernières statistiques sont-elles plus riches que les anciennes parce que l'attention était attirée sur leur importance. Geill[1] trouve dans une première série 11 cas de tuberculose primaire de l'intestin sur 198 autopsies d'enfants tuberculeux ; dans la seconde, il en trouve 12 cas sur 90 autopsies, et attribue cette plus forte proportion à ce que ses recherches ont été beaucoup plus approfondies que dans la première série.

Heller, à Kiel, dans un travail qui a paru en 1903, a relevé 5 cas de tuberculose primitive de l'intestin et des ganglions mésentériques, sur 11 autopsies d'enfants entre 1 et 15 ans.

Fibiger, dans son rapport au Congrès de Bruxelles, sur 24 autopsies d'enfants tuberculeux, a trouvé 4 cas absolument certains de tuberculose primitive de l'intestin et des ganglions mésentériques. Les poumons étaient sains. Dans deux de ces cas l'infection par le lait ressortait nettement de l'histoire clinique. Ainsi dans la seconde observation, l'enfant fut nourrie pendant quatre ans au lait cru chez ses parents qui n'étaient pas phtisiques ; elle succomba à une péritonite tuberculeuse, suite d'une entérite à ulcères tuberculeux. Un frère plus jeune qui n'a jamais bu de lait cru, est resté bien portant.

D'ailleurs *le nombre des cas d'ulcérations tuberculeuses primitives de l'intestin constaté dans les autopsies est bien inférieur au nombre réel des infections par*

[1] Geill. *Bibliotek for Læger*. 1890.

ingestion. Il est certain aujourd'hui que chez les jeunes sujets la muqueuse digestive est beaucoup moins protégée par la barrière épithéliale contre l'invasion bacillaire que plus tard.

Von Behring a réussi à tuberculiser de jeunes cobayes par l'ingestion de bacilles tuberculeux sans que la muqueuse digestive présentât la moindre lésion locale. On peut donc admettre qu'un nombre considérable de tuberculoses infantiles qui ont été attribuées à l'inhalation par le fait de lésions tuberculeuses dans les ganglions bronchiques ou le poumon, proviennent en réalité d'une infection digestive.

Fibiger et Jensen ont rendu cette explication très plausible en inoculant des veaux avec les ganglions mésentériques tuberculeux d'enfants morts de tuberculose généralisée à la suite d'ingestion de lait suspect; ils ont trouvé que les bacilles tuberculeux provenant de l'enfant, avaient en pareil cas une virulence exaltée qui rappelait celle des bacilles bovins. Ce fait est un bon argument en faveur de l'infection des enfants par les bacilles du lait de vache.

Je disais en 1900, dans mon rapport sur la tuberculose infantile, au Congrès médical international de Paris[1] : « Le Dr Marfan évalue la proportion des cas de tuberculose alimentaire chez les enfants d'un à cinq ans, à 8 pour 100 de tous les cas de tuberculose observés à cet âge ; c'est pour nous un minimum. » Aujourd'hui, depuis les nouvelles recherches, je dirais hardiment que ce minimum peut être porté à 20 pour 100.

[1] Comptes rendus du XIIIe congrès international de médecine. Paris 1900, tome V, p. 268.

III. Les preuves biologiques de l'identité de la tuberculose humaine et de la tuberculose bovine.

S'il peut rester encore quelque doute dans un esprit sceptique sur l'identité absolue des bacilles tuberculeux de l'homme et des bovidés après les deux ordres de preuves que nous venons d'examiner, ce doute n'est plus possible devant les preuves d'ordre biologique qu'il nous reste à exposer et qui se résument ainsi :

1. Identité d'action de la tuberculine, qu'elle provienne du bacille humain ou du bacille bovin.

2. Possibilité de vacciner les veaux contre la tuberculose bovine à l'aide de bacilles humains atténués.

La *tuberculine* est un extrait glycériné des cultures du bacille de Koch ; le professeur Nocard en a généralisé l'emploi, comme moyen de diagnostic précoce de la tuberculose chez les bovidés. Or c'est la tuberculine humaine qui est employée couramment à cet effet.

On peut dire que toutes les tuberculines isolées, soit des cultures humaines, soit des cultures bovines, ont donné des réactions spécifiques semblables chez tous les individus tuberculeux et pour toutes les formes de tuberculose.

Par contre, aucune tuberculine ne provoque de fièvre révélatrice chez les cobayes infectés avec des bacilles *pseudo-tuberculeux* (les bacilles acido-résistants du beurre par exemple).

Les vaccinations anti-tuberculeuses pratiquées avec succès par Behring sur les jeunes bovidés, constituent l'*experimentum crucis* de l'identité des bacilles hu-

mains et bovins. Aussi terminerons-nous ce résumé par un exposé des travaux de l'illustre professeur de Marbourg.

Behring[1], après avoir inutilement essayé de produire un sérum antituberculeux au moyen de produits extraits des cultures des bacilles de Koch (toxines, corps microbiens, etc.), s'arrêta définitivement à une méthode qu'il appelle *Jennerisation* ou *Jennerisirung*, et qui consiste essentiellement à « inoculer le même virus qui détermine la tuberculose, mais modifié de façon que son emploi systématique soit inoffensif pour le sujet soumis à l'immunisation ». C'est en somme la méthode pastorienne des virus atténués, inaugurée par Pasteur contre le charbon.

Behring se sert pour l'immunisation d'un type de bacilles tuberculeux d'origine humaine, qu'il entretient dans son laboratoire depuis huit ans en cultures artificielles, sans l'avoir jamais fait passer par un animal. Cette culture a beaucoup perdu de sa virulence primitive.

Il pratique l'immunisation en deux temps, et emploie dans ce but sa culture de tuberculose humaine sur sérum glycériné, complètement desséchée dans le vide, à la température ordinaire.

La première séance consiste dans l'injection intraveineuse de gr. 0,004 milligr. de cette culture desséchée, soigneusement broyée ou diluée dans 4 cc. d'eau salée à 1 °/₀. La seconde inoculation n'a lieu qu'un mois après et est pratiquée de la même ma-

[1] Von Behring. Die Jennerisation als Mittel zur Bekämpfung der Rindertuberculose in der Landwirthschaftlichen Praxis (*Zeitschr. f. Thiermed.*, 1902, VI, 5 et 6).

nière avec gr. 0,01 centigr. de la même culture *fraîche.*

La première vaccination reste sans aucun effet sur les animaux sains, tandis que chez ceux qui sont déjà porteurs d'une lésion tuberculeuse, elle provoque une réaction fébrile intense.

M. von Behring a pu établir que ces vaccinations appliquées à des animaux sains *et n'ayant pas dépassé l'âge de douze mois,* sont sans danger et les préservent contre une inoculation virulente, mortelle pour les témoins.

Afin de se rendre compte si ces animaux résistent aussi bien à la contagion naturelle qu'à l'infection expérimentale, le professeur de Marbourg en a placé plusieurs centaines dans des étables infectées, au milieu d'animaux tuberculeux, estimant que « seule une pratique de plusieurs années pourra donner une juste idée de la valeur du procédé ».

Depuis lors, la vaccination de Behring a été employée avec succès soit en Allemagne, soit en Autriche-Hongrie, soit en Suède, soit en Russie, et la demande de vaccin est devenue telle, que M. von Behring a dû remettre la production du vaccin à un institut spécial. (Dr Siebert et Dr Ziegenbein, à Marbourg.)

Behring se consacre depuis lors à l'étude de l'application de sa découverte à la race humaine. Il va sans dire qu'il ne peut être question d'immuniser les enfants comme on immunise des veaux, avec des cultures vivantes de tuberculose, quelqu'atténuées qu'elles puissent être. Certaines expériences préliminaires font penser que le lait des vaches immunisées à haute dose contre la tuberculose, contient des anti-corps efficaces contre l'infection tuberculeuse.

Dans le discours qu'il a prononcé à la réunion des naturalistes allemands à Cassel, le professeur von Behring[1] donne l'espoir qu'il arrivera peut-être par ce moyen à trouver un remède efficace qui préserve l'enfant de la tuberculose, cette peste qui fait plus de victimes à elle seule que toutes les autres maladies infectieuses réunies.

Le résultat favorable de la vaccination antituberculeuse du bétail est en tout cas une preuve scientifique absolue de l'identité de la tuberculose humaine et de la tuberculose bovine, et une réfutation victorieuse de l'opinion soutenue à Londres par le professeur Koch.

Le Congrès de Bruxelles a eu donc raison de demander le maintien des mesures prises par tous les Etats contre la possibilité de l'infection de l'homme par les animaux tuberculeux.

[1] Uber Lungenschwindsucht une Tuberculosebekämpfung. — Vom Wirkl. Geheim. Rath Prof.-Dr Behring, Excellenz. in Marburg. *Deutsch. med. Wochenschr.*, 24 sept. 1903.

QUATRE-VINGT-SIXIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

LOCARNO

les 3, 4 et 5 septembre 1903.

C'est à Locarno, sur les bords si attrayants du lac Majeur qu'a eu lieu cette année la quatre-vingt-sixième réunion de la Société helvétique des Sciences naturelles. Le comité annuel, présidé avec la plus grande compétence par M. le D[r] A. Pioda, secondé lui-même par M. le prof. G. Mariani comme vice-président et par MM. R. Natoli et C. Orelli comme secrétaires, n'avait rien négligé pour assurer la réussite la plus parfaite de cette session, et les participants ne sauraient leur être assez reconnaissants d'avoir su préparer une réception aussi hospitalière et aussi cordiale. La municipalité de la ville, avec son syndic M. Balli, et la population presque toute entière avaient joint leurs efforts à ceux du comité annuel, et c'est d'une manière vraiment enthousiaste que la Société helvétique a été reçue par la ville de Locarno, témoin entre autres l'illumination féerique et le concert qui ont clôturé la journée du 4 septembre.

Locarno se prêtait d'ailleurs admirablement bien à

une réunion de ce genre, et la beauté des environs était bien faite pour charmer les heures de loisir d'une séance à l'autre. La course en bateau jusqu'à Pallanza, la visite des jardins Rovelli et le retour par Baveno et les îles Borromées ont laissé à tous un souvenir inoubliable. De même les courses de sections à Brissago, à Ascona ou à la Madonna del Sasso ont vivement intéressé ceux qui y ont pris part.

L'Assemblée générale du 3 septembre a ouvert la session : le discours d'ouverture a été prononcé par M. le Dr Pioda, président annuel ; on y a entendu également, outre les rapports des commissions, des conférences de M. le prof. Fischer, de Berne, sur *la biologie des champignons parasites* et de M. Merz, inspecteur forestier, sur *les forêts du canton du Tessin.* Les différentes sections ont eu leurs séances particulières le 4 septembre dans la matinée ; enfin la seconde assemblée générale a eu lieu le 5, avec des communications de M. le prof. Keller, de Zurich, sur *l'origine des animaux du Tessin*, M. le prof. H. Dufour de Lausanne, sur *la radiation solaire en Suisse*, M. le Prof. Lang de Zurich, sur les *beautés des animaux marins*, M. le Prof. Weiss de Zurich sur les *nouvelles propriétés magnétiques de la pyrrothine.*

C'est à Winterthur, sous la présidence de M. le prof. Weber que les membres de la Société helvétique des Sciences naturelles se sont donné rendez-vous pour 1904.

Nous allons maintenant rendre compte des travaux qui ont été présentés à la session de Locarno.

Physique.

Président : M. le prof. Ed. HAGENBACH-BISCHOFF, (Bâle).
Secrétaire : M. le prof. H. VEILLON, (Bâle).

L. de la Rive. Sur l'ellipsoïde d'élasticité dans l'intérieur de la terre et les pressions tangentielles dues à la pesanteur. — H. Dufour. Opacité anormale de l'atmosphère en 1903. — F.-A. Forel. Réapparition du cercle de Bishop. — Th. Tommasina. Expériences avec l'électroscope à aspiration d'Ebert. — A. Kleiner. Publication de J. Moser sur la théorie de Laplace. Chaleur spécifique du lithium. — E. Bourcart. L'eau des lacs alpins suisses. — A. Riggenbach. Longitude de Bâle. — A. Hagenbach. Sur l'effet de Doppler dans l'étincelle électrique. — A. Hagenbach et H. Konen. Sur le spectre de lignes du sodium. — C. Soret. Indices de réfraction de la tourmaline. — H. Ziegler. Sur la vraie conception de l'énergie. Sur la nature de la pesanteur. — H. Dufour. Etat actuel de nos connaissances sur l'insolation en Suisse. — P. Weiss. Les nouvelles propriétés magnétiques de la pyrrothine.

M. L. DE LA RIVE (Genève). *Sur l'ellipsoïde d'élasticité dans l'intérieur de la terre et les pressions tangentielles dues à la pesanteur.*

Lamé a donné la solution des équations d'équilibre élastique d'une croûte planétaire [1]. Il suppose les deux surfaces des rayons r_1 et r_0 soumises à des pressions P_1 et P_0, r_0 étant la surface intérieure. Pour une épaisseur ε de la couche, petite par rapport à r_1, l'expression des pressions se simplifie et les pressions latérales s'obtiennent par

$$F_0 = \frac{-r_1}{2\varepsilon}\left[P_1 - P_0 + K\varepsilon\right] \qquad \text{et} \qquad F_0 = F_1 - \frac{\lambda K\varepsilon}{\lambda + 2\mu}$$

[1] Elasticité des corps solides, p. 214.

où K est le poids de l'unité de volume. En général P_1 pression atmosphérique peut être considéré comme nul et P_0 a une valeur qui dépend de l'hypothèse sur la réaction du noyau sphérique sur la surface intérieure de la couche. La valeur de F_1 fait voir que si P_0 diffère notablement de $K\varepsilon$, c'est-à-dire que si la pression sur la surface intérieure est notablement plus faible que le poids de la couche elle-même, la pression latérale prend une très grande valeur à cause du facteur $\frac{r_1}{2\varepsilon}$ ce qui s'explique, puisque la couche doit supporter une partie du poids comme le fait une voûte.

En traitant le même problème pour le cas d'une sphère solide pleine, on trouve pour P et F des expressions qui, supposant pour simplifier $\lambda = 2\mu$, donnent

$$P_0 = -0{,}8.\ K\varepsilon \qquad F_1 = -0{,}1.\ Kr_1$$

d'où pour une valeur de ε de 10 kil.

$P_0 = 2000$ atmosphères $\qquad F_1 = 150$ mille atmosphères.

Rappelons que le physicien américain Dawson a réussi, en soumettant le marbre à des pressions s'élevant jusqu'à plus de 15 mille atmosphères à lui donner une sorte de ductibilité constatée par la déformation de cylindres. D'autre part ce qui distingue un solide d'un liquide dans ses propriétés élastiques, c'est l'existence des pressions tangentielles tendant à faire glisser un élément plan sur l'élément plan parallèle voisin. Il est donc vraisemblable que lorsqu'un solide acquiert par le fait d'une pression considérable des propriétés de ductilité analogues à celles d'un liquide, ce sont les forces tangentielles dont l'effort est le premier à donner lieu

à un flux de la substance. L'ellipsoïde d'élasticité est, dans le cas actuel, de révolution et les axes sont P et F. Pour obtenir la force élastique correspondant à un plan orienté d'une manière quelconque, on sait qu'il faut considérer l'ellipsoïde dont les axes sont respectivement $\sqrt{P}$ et $\sqrt{F}$, et que le plan tangent à cet ellipsoïde mené par le point de contact du rayon vecteur représentant une force élastique quelconque est le plan sur lequel elle s'exerce. Dans le cas actuel, il suffit de considérer les deux ellipses méridiennes et on obtient la force tangentielle en projetant le rayon vecteur sur la tangente. En cherchant la valeur maxima de cette projection lorsque la tangente prend toutes les directions possibles, on trouve qu'elle correspond à une inclinaison de quarante-cinq degrés. Il en résulte que quelle que soit la valeur relative de P et de F, la plus grande force tangentielle s'exerce dans le plan tangent au cône de 45° autour de la verticale. En outre sa valeur est

$$\frac{F - P}{2} \;—$$

D'après ce qui précède, il est à présumer que s'il y a déchirure de la matière, le flux a lieu suivant les arrêtes de ce cône.

M. Henri DUFOUR (Lausanne), attire l'attention de la Société sur divers phénomènes qui indiquent en 1903 *une opacité anormale de l'atmosphère*. Ces phénomènes sont : 1° la diminution de l'intensité du rayonnement solaire constatée depuis le mois de décembre 1902, et dont les valeurs mensuelles sont actuellement :

	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août
1896-1902	0.75	0.79	0.85	0.90	0.91	0.86	0.85	0.86	0.88
1902-1903	0.64	0.68	0.72	0.73	0.785	0.79	0.77	0.795	0.81

Les différences entre les valeurs moyennes et celles de l'année 1903 vont en diminuant, mais elles ont toujours été dans le même sens depuis le mois de décembre; 2° la diminution de transparence optique constatée par certaines observations astronomiques, telles que l'inversion des raies des protubérances solaires, fait signalé par M. Wolfer à Zurich; 3° la diminution de l'intensité de la polarisation du ciel à 90° du soleil observée en Espagne et à Lausanne au moyen du photopolarimètre de M. Cornu; 4° le déplacement du point neutre d'Arago et de Babinet signalé par M. Busch qui a observé aussi le cercle de Bishop depuis le mois de novembre 1902. Ce cercle a été observé en Suisse pour la première fois par M. Forel en août 1903. Des mesures angulaires faites plusieurs fois permettent de fixer ses dimensions à 22-23° environ pour le diamètre de la partie extérieure.

Tous ces phénomènes sont semblables à ceux observés en 1883 après l'éruption de Krakatoa et on est conduit naturellement à en chercher l'origine en 1903 dans les éruptions volcaniques de mai à août 1902 aux Petites Antilles (Montagne Pelée). L'opacité de l'atmosphère peut provenir de la condensation plus facile de la vapeur d'eau sous l'influence des poussières volcaniques légères flottantes dans l'air, qui réalisent en grand le phénomène observé par MM. Aitken, Coulier, R. Helmoltz. Malheureusement l'observateur n'a pu trouver des renseignements sur les mesures actinométriques de 1883 et 1884, il serait intéressant de savoir si à cette époque déjà il y a eu diminution de l'intensité du rayonnement.

M. F.-A. Forel (Morges), a observé depuis le 1er août dernier, la réapparition du *cercle de Bishop*, la couronne solaire qui a été vue pour la première fois en 1883 peu après l'éruption du Krakatoa, et a été visible jusque dans l'été de 1886. Un nimbe blanc d'argent légèrement bleuté, immédiatement autour de l'astre, un cercle rouge cuivré, large de 10 à 20°, à partir de 8 ou 10° du soleil, tels sont les caractères du phénomène vu de la montagne, à partir de deux mille mètres d'altitude; dans l'air poussiéreux de la plaine, c'est un simple voile opalin blanchâtre qui entoure le soleil. On l'observe le mieux quand on peut masquer le soleil par un écran éloigné, la cime d'une montagne ou un nuage opaque.

Sur un avis lancé dans les journaux, M. Forel a reçu des observations du phénomène antérieures aux siennes. M. C. Bührer, à Clarens, dans l'automne de 1902; Dº Busch, à Arnsberg, le 19 novembre 1902, les 21 et 22 mars 1903. Dr J. Maurer, à Zurich, janvier, 27 et 28 mars, 7 et 9 juin, fin de juillet 1905; divers observateurs, Dr M. Arnold, Lucerne, Dr Albrecht, à Frauenfeld, C. Bührer à Clarens, F.-A. Forel, en Alsace, l'ont observé le 26 juillet 1903. Depuis le 1er août, M. Forel l'a constaté tous les jours, soit de la plaine, soit de la montagne, à plus de 2000 m. d'altitude : six jours sur Finhauts, Naye, Pilate, Gothard; son observation a été confirmée par celle de très nombreux alpinistes qui ont admiré le phénomène. Il semble être actuellement d'observation continue, tandis que les feux crépusculaires anormaux de l'année dernière et de cette année sont d'apparition interrompue.

Tous ces phénomènes, feux crépusculaires et cercle

de Bishop, doivent être attribués à des cendres volcaniques impalpables lancées dans la haute atmosphère par le volcan de la Martinique en mai 1902. La continuité actuelle de l'apparition du cercle de Bishop permet d'admettre l'existence d'un anneau continu de ces poussières, entourant la terre dans les couches de l'atmosphère plus élevées que la région des nuages et des pluies.

M. Forel en recommande l'observation aux météorologistes de la plaine, et surtout à ceux de la montagne, aux alpinistes et aux aéronautes.

Ed. SARASIN, Th. TOMMASINA et F.-J. MICHELI (Genève). *Résumé de quelques expériences faites à l'aide de l'électroscope à aspirateur d'Ebert.*

M. Th. Tommasina communique les résultats de ces expériences. Comme elles sont toutes récentes, les auteurs n'ont pas eu le temps de vérifier dans la littérature du sujet si leurs constatations avaient déjà été signalées par d'autres physiciens. Quelques-unes cependant ont été faites par M. Ebert lui-même, ou, avec un dispositif différent, par MM. Elster et Geitel et d'autres. D'ailleurs, dans le cas particulier, comme le sujet est loin d'être élucidé une nouvelle constatation des faits ne semble pas inutile.

1. Les premières expériences ont porté sur l'influence qu'a le chlorure de barium radioactif sur la vitesse de décharge de l'électroscope. La substance radioactive était contenue dans un tube de verre enfermé lui-même dans un tube de plomb. Des mesures ont été faites avec le tube de plomb isolé, neutre ou électrisé, ou en le reliant soit à l'un des pôles d'une pile sèche de

200 volts, soit à la terre. Dans tous les cas, l'effet sur la décharge de l'électroscope a été sensiblement le même, ce qui semblerait prouver que la partie du rayonnement du radium qui traverse le verre et le plomb ne transporte aucune charge électrique propre, et qu'en outre il n'en acquiert pas en traversant un corps électrisé. Il produit cependant une modification qui augmente beaucoup la conductibilité de l'air — la décharge de l'électroscope étant cinq à six fois plus rapide — modification qui est entraînée par l'aspirateur.

2. D'autres expériences ont été faites avec la substances des capuchons Auer : il en résulte que l'émission radioactive du capuchon Auer qui traverse le verre est sans influence sur la conductibilité de l'air, la partie du rayonnement au contraire qui ne traverse pas le verre a un effet très intense lorsque la lampe n'a pas été allumée depuis longtemps. Cet effet est très faible lorsque le capuchon est en incandescence il reprend peu à peu son intensité à mesure que celui-ci se refroidit, et la retrouve toute entière au bout de plusieurs jours.

3. Un morceau de soufre ou de paraffine légèrement frottée avec le doigt, une sphère métallique suspendue par un fil de soie et faiblement électrisée, arrêtent complètement la décharge de l'électroscope lorsqu'on les place à quelques centimètres de l'aspirateur. Ce phénomène se produit avec tous les corps légèrement électrisés, quelque soit le signe de la charge de l'électroscope et même en présence de substances radioactives ou de rayons de Röntgen ; on peut l'expliquer en supposant que les corps électrisés attirant les ions de signe contraire, et repoussant les ions de même signe, il n'y a plus de ions qui soient aspirés, et la décharge s'arrête.

4. Si l'on électrise une couche de paraffine recouvrant l'intérieur d'un tube en verre emboîté dans celui de l'aspirateur, lorsque les charges sont de même signe, l'on a encore le phénomène d'arrêt ; mais si les charges sont de signe contraire, la décharge est fortement accélérée, ce qui montre la production d'une condensation des charges de même signe que celle de la paraffine suivant la ligne axiale, et leur entraînement par l'air aspiré.

5. Un fil métallique disposé comme une antenne de radiotélégraphie, émettant un flux périodique mais unipolaire, produit non seulement la décharge rapide de l'électroscope d'Ebert lorsqu'il est de signe contraire, mais si l'action continue après la décharge complète de l'électroscope, celui-ci se décharge rapidement de même signe que l'antenne.

6. L'action prolongée du flux périodique unipolaire, quel que soit son signe, produit une forte diminution de la conductibilité électrique de l'air de la salle.

7. Les rayons X, au contraire, ne modifient la conductibilité électrique de l'air que pendant leur action ; immédiatement après, cette conductibilité a toujours été reconnue identique à celle qui existait précédemment. La modification produite par les rayons X est donc instable et ne peut subsister qu'avec l'aide de ce rayonnement, ce qui montre l'existence d'une relation mécanique entre les deux modifications.

8. Un pouvoir radioactif assez intense a été acquis par le drap de laine utilisé pour la production des charges statiques, de même que par de la paraffine qui se trouvait depuis quelques semaines dans la même armoire où l'on renfermait toujours le bec Auer.

9. Les études des influences météorologiques sur la

ionisation de l'air n'ayant pas donné des résultats concluants, ces recherches seront continuées.

M. le prof. A. Kleiner (Zurich) rend compte en quelques mots d'une publication de M. J. Mooser, à Saint-Gall, dans laquelle l'auteur, en se basant sur la théorie de Kant et Laplace de la *formation du système solaire*, en déduit la loi des distances de Titius, en partant du principe de la conservation de l'énergie. Le fait qu'il est possible de faire une interpolation mécanique d'une loi purement empirique, est tout à l'appui de la grande hypothèse de Laplace.

M. le prof. Kleiner (Zurich) expose quelques données sur la *chaleur spécifique du lithium* ; il est à remarquer que malgré son poids atomique faible, sa chaleur atomique, au contraire du carbone, du silicium et du bore, atteint une grande valeur même à température ordinaire, et pourtant cette chaleur atomique croît rapidement avec la température ; à 100° la chaleur spécifique du lithium dépasse déjà celle de l'eau.

M. E. Bourcart. *L'eau des lacs alpins suisses*. Cette thèse entreprise par M. E. Bourcart sous la direction du professeur L. Duparc, à Genève, sur l'eau et la vase des lacs alpins suisses, a démontré la grande diversité dans la composition de l'eau de ces lacs qui, à ce point de vue, diffèrent essentiellement des lacs de la plaine. Présentement, les recherches ont porté sur les lacs Tanay, Champey, Noir, Amsoldingen, Lauenen, Arnen, Oschinen, Bleu et elles continuent sur le reste des principaux lacs alpins suisses. Le tableau suivant donnera les résultats obtenus pour l'eau des huit premiers lacs.

RÉSULTATS DES ANALYSES
(exprimés en milligr. par litre)

Nom du Lac	Résidu sec	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	Cl	SO_3	CO_2, combiné exprimé comme $CaCO_3$	Matières organiques	Couleur de l'eau (gammes de Forel)	Transpar. (en mètres)	°C à la profondeur de la prise	°C à la surface	Profondeur maxima du lac
Taney......	118,9	3,0	0,14	0,96	55,8	5,2	0,11	1,2	1,4	0,9	5,8	103,0	0,255	VII	7,0	5,0	15,0	36,5
Champex....	26,9	3,9	0,06	0,29	7,5	0,6	traces	1,3	3,1	2,8	2,7	14,0	0,375	IX	4,5	12,0	14,5	5,5
Noir.......	270,5	1,9	0,07	1,23	111,0	10,1	traces	1,2	2,3	1,2	85,5	65,5	0,360	V	5,0	12,0	14,0	10,0
Amsoldingen	201,7	6,0	0,09	0,41	92,7	5,8	traces	2,2	4,8	3,5	5,4	143,2	0,660	X	2,7	12,0	23,0	14,2
Lauenen....	306,3	3,2	0,07	0,33	115,8	13,2	traces	1,5	2,3	0,3	102,2	60,8	0,244	VIII	4	16,0	17,0	4,0
Arnen......	145,8	4,5	0,07	0,43	71,5	3,5	0,89	1,6	3,3	—	3,0	83,4	0,253	VII	4,0	6,0	15,0	43,0
Oschinen...	78,4	2,0	traces	traces	37,4	4,9	traces	2,6	0,8	2,6	9,8	58,0	0,151	V	1,0	6,0	19,0	56,0
Bleu.......	169,3	4,2	0,01	0,59	66,8	17,7	traces	1,5	1,6	—	24,4	94,5	0,092	II	20	9,0	11,0	10,0

M. A. Riggenbach (Bâle). *Détermination de la longitude de Bâle.*

La longitude de la lunette méridienne de l'Observatoire du Bernoullianum à Bâle n'avait été déterminée jusqu'à présent que par la géodésie, en comprenant l'observatoire dans le réseau de la triangulation suisse. L'on obtint : Bâle M. C. $0^m.34^s.08$ est de Berne.

Grâce à l'obligeance de M. le prof. Becker, directeur de l'observatoire de l'Université de Strasbourg, il a été possible à l'auteur de déterminer la différence astronomique entre Bâle et Strasbourg, au moyen de chronomètres, pendant une excursion avec des étudiants, le 9 mai 1903. Trois chronomètres furent emportés, deux chronomètres de marine et un chronomètre de bord. Ils proviennent tous de la maison Paul-D. Nardin, au Locle. L'un des chronomètres de marine est réglé sur le temps moyen, l'autre, ainsi que le chronomètre de bord, sur le temps sidéral ; les deux derniers sont munis d'un système enregistreur électrique. Les chronomètres furent contrôlés tous les jours pendant deux semaines : l'écart moyen de la marche quotidienne sur la marche moyenne de toute cette période est compris entre $\pm 0^s.24$ et $\pm 0^s.27$ pour les trois instruments. A Bâle, juste avant le départ et à Strasbourg juste après l'arrivée, ils furent comparés à la pendule astronomique soit par l'auteur lui-même, soit par M. Th. Niethammer, ingénieur de la Commission géodésique suisse qui constatèrent que le chronomètre réglé sur le temps moyen et le chronomètre de bord avaient subi pendant le voyage une accélération de leur marche quotidienne de $0^s,15$ et $0^s.56$; le chronomètre réglé sur le temps sidéral avait subi un retard de $0^s.36$; au con-

traire, pendant la demi-journée qui suivit le voyage, les variations furent en sens contraire de $0^s.17$, $0^s.66$ et $0^s.07$ par jour. Comme il s'était écoulé un laps de temps presque égal entre les contrôles correspondants à Strasbourg et à Bâle à l'aller et au retour, les valeurs adoptées de la marche s'éliminent presque complètement dans le résultat final.

En tenant compte des équations personnelles des deux observateurs ainsi que des équations des chronographes, l'on obtient pour la longitude ouest de Bâle en prenant la valeur moyenne entre l'aller et le retour :

	Observateurs		
	R.	N.	Moyenne
Chronomètre de marine (temps moyen)	$45^s.15$	$45^s.13$	$45^s.14$
Chronomètre de marine (temps *sidéral*)	$45^s.09$	$45^r.05$	$45^s.07$
Chronomètre de *bord*...............	$45^s.25$	$45^s.20$	$45^s.22$
Moyenne générale..........			$45^s.14$

d'où l'on conclut en supposant

pour Strasbourg	$22^m.30^s.28$	longitude ouest de Berlin		
et pour Berne	$23^m.49^s.25$	»	»	»
Bâle	$0^m.33^s.83$	»	est de Berne	

Par conséquent, la différence entre la longitude astronomique et la longitude géodésique est de — $0^s.25$.

A. Hagenbach (Bonn). *Sur l'effet de Doppler dans l'étincelle électrique.*

En désignant par v la vitesse de la lumière par a celle de l'observateur et par b celle de la source lumineuse dans la direction suivant laquelle on observe, la longueur d'onde λ de la lumière devient d'après le principe de Doppler $\lambda_1 = \lambda \frac{v \mp a}{v \mp b}$. Ce principe a déjà été appliqué aux particules lumineuses de l'étincelle élec-

trique par MM. Schuster, Hemsalech, Schenk et Mohler. La méthode que j'ai appliquée n'a été employée qu'une fois par M. Mohler. Elle consiste à faire jaillir l'une au dessus de l'autre deux étincelles devant la fente d'un appareil spectral, de telle manière que les étincelles se dirigent contre la fente, les directions des courants étant de sens contraire. Je me suis servi comme appareil spectral d'un grand réseau concave de Rowland, de 8m. de rayon de courbure et pour produire les étincelles d'une bobine d'induction dans le circuit extérieur de laquelle une ou deux bouteilles de Leyde étaient insérées. Les électrodes positives pour les deux étincelles étaient en nickel, les électrodes négatives en cuivre, en zinc ou en aluminium, pour obvier à cet inconvénient que dans une décharge oscillatoire il se détache des particules lumineuses de chacun des deux pôles. Si ces particules vont d'une électrode à l'autre au moment de la décharge la source lumineuse possède une certaine vitesse dans la direction dans laquelle on observe, et les deux spectres dûs aux deux étincelles doivent être déplacés l'un par rapport à l'autre.

Pour effectuer les mesures, j'ai fait deux épreuves photographiques consécutives en ne changeant entre les deux épreuves que le sens du courant; avec chaque épreuve j'ai photographié le spectre du fer pour m'en servir de spectre de comparaison. J'ai mesuré ensuite les plaques à la machine à diviser.

Le déplacement double des raies spectrales, mesuré sur huit plaques n'est que de 0,0070 unités Angström, ce qui correspond seulement à une vitesse de moins de 250 mètres par seconde. Cette valeur est si petite qu'elle peut être entièrement dûe aux sources d'erreur prove-

nant d'une longue exposition (variations de la température, manque de netteté de l'un des bords des raies, etc.). Il faut en conclure que la vitesse des particules lumineuses auxquelles sont dues les raies spectrales est trop petite pour pouvoir être mesurée ; elle est en moyenne au-dessous de 250 m. Ce résultat est d'ailleurs en contradiction avec ceux des quelques auteurs précités. Il est probable que les vapeurs métalliques ne luisent pas seulement pendant leur passage d'une électrode à l'autre, mais que, par suite des oscillations électriques, elles luisent sur tout le trajet parcouru par l'étincelle et ne possèdent qu'une faible vitesse.

A. Hagenbach et H. Konen (Bonn). *Sur le spectre de lignes du sodium.*

M. Lenard a découvert récemment, en faisant des recherches sur la lumière de l'arc électrique par la méthode de l'observation des protubérances, une série de raies, qui bien que provenant du sodium, ne se rattachent pas aux trois séries connues. Comme nous nous occupons en ce moment de la publication d'un ouvrage général sur les spectres, nous avons fait plusieurs épreuves du spectre du sodium, en variant les conditions, et avons été à même de reconnaître que sur les photographies les raies sont doubles.

En mesurant les photographies faites au moyen d'un petit réseau de Rowland concave, nous avons trouvé d'abord les trois doublets :

5531,7	4913,5	4633,1
5527,1	4910,1	4629,4

En combinant ces six lignes en deux séries

$$n = 24376 - 100278\, r^{-2} - 7840\, r^{-4}$$
$$n = 24408 - 101092\, r^{-2} - 560\, r^{-4}$$

où $r = 4$, 5 et 6, on trouve pour $r = 7$ la longueur d'onde $\frac{4478}{4475}$, ce qui concorde bien avec la longueur d'onde 447 donnée par M. Lenard. En calculant les différences de vibrations entre deux lignes des nouveaux doublets on trouve des valeurs qui concordent à peu près avec les différences des séries secondaires connues. De même la première constante dans la formule de la série, est à peu près identique à la constante correspondante des autres séries secondaires, ce qui veut dire que cette série a sa fin à la même place.

Nous avons mesuré encore le doublet $\frac{4976,1}{4973,0}$ ainsi que la raie très peu nette 4660 qu'on pourrait probablement réunir en une série avec le doublet $\frac{5675,9}{5670,4}$ estompé du côté du violet (et déjà mesuré par MM. Kayser et Runge). Nous n'avons pas trouvé les autres raies mentionnées par M. Lenard.

Il semble ainsi probable que le spectre du sodium présente six séries.

M. le prof. C. Soret (Genève) communique quelques *mesures d'indices de réfraction*, faites sur deux lames de tourmaline, l'une noire et normale à l'axe, l'autre verte et parallèle à l'axe, dans le but d'y rechercher les grosses anomalies annoncées il y a quelques mois par M. Viola. Cet auteur a trouvé par exemple dans plusieurs cristaux des différences de 10 à 15 unités de la 4me décimale entre les indices du rayon ordinaire dans différentes directions d'un même cristal. Dans les cristaux que M. Soret a examinés, comme dans ceux que M. Wülfing a décrits récemment, il n'y a pas de

variations pareilles; les anomalies, si elles existent en quelques points du cristal, sont à la limite de la précision des observations et ne dépassent pas une unité de la quatrième décimale. Les mesures, assez multipliées, ont été faites principalement au réfractomètre d'Abbe; on a pris toutes les précautions possibles pour rendre comparables les observations faites dans différents azimuts et pour éliminer les erreurs qui pourraient provenir d'une taille défectueuse de la demi-boule.

M. Ziegler (Winterthur), expose ses vues sur *la vraie conception de l'énergie* et traite dans une seconde communication de *la nature de la pesanteur*. Nous n'avons pas reçu de résumé de l'auteur pour ces deux communications, qui, par leur nature même, ne se prêtent pas du reste à une analyse succincte.

Dans la deuxième assemblée générale, M. Henri Dufour fait un exposé de *l'état actuel de nos connaissances sur l'insolation en Suisse*, et présente les résultats de dix années d'observations sous la forme de graphiques. On peut distinguer trois types principaux de climats solaires dans notre pays : 1° celui de la plaine et du plateau au nord des Alpes; 2° celui du sud des Alpes et 3° le type d'altitude.

Les stations du nord des Alpes ont des caractères communs, l'insolation à Bâle, Berne, Zurich et Lausanne varie de 42 à 47 °/₀ du maximum possible; dans toutes ces localités il y a un minimum secondaire en *mai*, les maxima sont au printemps et en août. A la station de Lugano, type du sud des Alpes, l'insolation s'élève à 59 °/₀, les maxima sont en février et juillet, et les mi-

nima en novembre et mai. Cette insolation relative est très élevée, plus que celle des villes de la Lombardie.

Le type alpin est représenté par Davos et par le Säntis à 2500 mètres; à Davos l'insolation s'élève à 54 °/₀, les maxima sont en août et février, les minima en mai et en janvier, l'insolation d'hiver surpasse un peu celle de l'été.

Au Säntis l'effet de l'altitude se fait sentir par une insolation notablement plus forte en hiver, 45 °/₀, qu'en été, 40 °/₀, la valeur moyenne de 42 °/₀ est faible, malgré l'altitude de la station, à cause de l'effet des nuages en été qui enveloppent souvent le sommet, la pureté des jours d'hiver ne compense pas leur brièveté.

L'auteur présente en outre un graphique montrant pour une station, Lausanne, la variation annuelle de l'insolation par périodes de cinq jours (pentades). On reconnaît dans cette courbe des anomalies positives et négatives comme celles signalées par M. E. Plantamour dans son beau travail sur le climat de Genève. Enfin l'auteur indique les résultats généraux des observations actinométriques faites avec M. Bührer à Clarens et à Lausanne, qui fixent de 0,8 à 0,9 calories gramme degré par centimètre carré l'intensité du rayonnement solaire en plaine sous nos latitudes, les chiffres supérieurs à 1 cal. étant exceptionnels.

A la seconde assemblée générale, M. Pierre Weiss, professeur au Polytechnicum de Zurich, fait une communication sur *les nouvelles propriétés magnétiques de la pyrrhotine.*

Les lois de l'aimantation des corps faiblement magnétiques sont très simples, elles se réduisent, en

effet, pour les substances isotropes à la proportionalité de l'aimantation au champ et pour les cristaux à la loi de l'ellipsoïde. Les corps fortement magnétiques ou ferro-magnétiques, au contraire, obéissent à des lois plus complexes et les propriétés des deux cristaux ferromagnétiques que nous trouvons dans la nature, la magnétite cristallisée dans le système cubique et la pyrrhotine d'apparence hexagonale étaient encore absolument inconnues il y a quelques années.

Rappelant des mesures qu'il a faites il y a une dizaine d'années, M. Weiss montre, en répétant devant la Société des expériences sur l'orientation de divers disques de *magnétite* dans le champ d'un aimant permanent, que la théorie de l'ellipsoïde est insuffisante pour les corps fortement magnétiques. Cet ellipsoïde, qui pour la magnétite cubique deviendrait une sphère, doit être remplacé par une surface plus compliquée, une sorte de cube à faces creuses et à arêtes arrondies.

La *pyrrhotine*, ou *pyrite magnétique*, possède une originalité de propriétés encore plus grande que la magnétite. Elle est absolument réfractaire à toute aimantation perpendiculaire au plan de base du prisme hexagonal. L'aimantation sera donc toujours contenue dans ce plan que l'on pourra appeler à bon droit « plan magnétique » de la substance.

La propriété du plan magnétique est rendue visible pour tout l'auditoire au moyen d'un appareil dans lequel une petite sphère de pyrrhotine peut être approchée du pôle d'un aimant, son plan magnétique étant perpendiculaire ou parallèle aux lignes de force du champ. Dans le premier cas il ne se manifeste aucune attraction même au contact, dans le second l'aimant attire la sphère à quatre centimètres de distance.

Ce point établi, il était indiqué de rechercher les propriétés dans le plan magnétique. Les mesures magnétiques ont montré que tout cristal de pyrrhotine doit être considéré comme un empilement de cristaux élémentaires plus simples, doués, tout au plus, de la symétrie orthorombique. Ces éléments forment trois groupes associés de manière à faire entre eux des angles de 120°, mais l'importance relative des trois groupes est variable d'un échantillon à l'autre. En subdivisant des cristaux, il a été possible d'obtenir un fragment dans lequel une direction est représentée par 97 % de la matière l'une des deux autres par 3 % seulement, aucune partie de la substance ne possédant la troisième orientation. L'existence indépendante de l'élément simple est donc démontrée.

Un appareil de démonstration donne, ici encore, un moyen d'observation direct de cette association des trois groupes de cristaux élémentaires dans des disques de pyrrhotine.

Il serait prématuré de décrire déjà les propriétés du cristal élémentaire lui-même. Elles sont actuellement à l'étude, mais il est permis de dire qu'elles se présentent dès maintenant de manière à justifier toutes les espérances sur le parti que l'on pourra en tirer pour l'explication des propriétés des corps ferromagnétiques usuels, tels que le fer et les aciers que l'on traite souvent comme s'ils étaient isotropes et qui sont, au moins dans la plupart des cas, des enchevêtrements de cristaux.

Chimie

(Séance de la Société suisse de Chimie)

Président : M. le prof. Ed. Schaer (Strasbourg)
Secrétaire : M. le prof. H. Rupe (Bâle).

Election du comité. — A. Haller. Influence de la double liaison sur le pouvoir rotatoire. — G. Bertoni. Analyse des eaux de la Maremme (Toscane). Produit de condensation du furfurol avec l'acide hippurique. — Schumacher-Kopp. Cas d'empoisonnement du bétail. Ovarum de Reinhardt. — Ed. Schær. Exaltation du pouvoir oxydant par les substances alcalines, — E. Nœlting. Hydrazone de la sulfocyanacétone. Composé diazoaminé dérivant de la *p*-phénylènediamine. — F. Fichter. Constantes d'affinité des acides non saturés. — H. Rupe. Colorants de la série azométhinique. Dérivés asymétriques de la phénylhydrazine. Semicarbazone de la citronellidène-acétone.

La Société suisse de Chimie nomme son comité pour une période de deux ans. Il est composé comme suit : Prof. Billeter (Neuchâtel), président ; prof. A. Pictet (Genève), vice-président ; prof. H. Rupe (Bâle), secrétaire.

M. le prof. A. Haller (Paris) parle de l'*influence de la double liaison sur le pouvoir rotatoire.* Il rappelle qu'il a observé, il y a une douzaine d'années, que les combinaisons que forme le camphre avec les aldéhydes aromatiques, et auxquelles il attribue la formule suivante :

$$C_8H_{14}\left\langle\begin{array}{l}C = CH - R \\ | \\ CO\end{array}\right.$$

jouissaient de la propriété d'avoir un pouvoir rotatoire

$[\alpha]_D$ considérable, allant jusqu'à 10 fois celui du camphre lui-même, soit

$[\alpha]_D = \pm 42°$ pour les camphres,

$[\alpha]_D = \pm 420°$ pour les benzylidène-camphres.

Le pouvoir rotatoire de ces singuliers dérivés étant beaucoup diminué par leur réduction en alcoyl-camphres

$$C_8H_{14}\left\langle\begin{array}{l}CH.\ CH_2.\ R\\ |\\ CO\end{array}\right.$$

réduction qui a pour effet la suppression de la double liaison fixée sur le noyau, M. Haller en a conclu que cette exaltation de la rotation était due à cette double liaison. Des essais effectués sur d'autres molécules actives ont conduit aux mêmes résultats.

C'est ainsi que la méthylcyclohexanone ($\alpha_D = 12°.24$ pour $l = 100$ mm.) fournit avec les aldéhydes benzoïque, anisique, cuminique, des combinaisons qui ont respectivement les pouvoirs rotatoires suivants :

benzylidène-méthylhexanone $[\alpha]_D = -152°$
anisylidène-méthylhexanone » $= -225°$
cuminylidène-méthylhexanone » $= -165°$

La menthone a également fourni à M. Martine avec l'aldéhyde benzoïque deux benzylidène-menthones isomériques qui ont les pouvoirs rotatoires $[\alpha]_D = -185°5$ et $-258°.5$, alors que le menthone possède le p. r. $\alpha_D = -28°$ pour $l = 100$ mm. Dans toutes ces molécules, la double liaison se trouve fixée sur le noyau même qui renferme l'atome de carbone asymétrique.

D'autres corps, notamment l'acide shikimique de M. Eykmann, le méthylène-camphre de M. Minguin, le formylcamphre et la plupart de ses éthers et de ses

anilides (Claisen), l'isonitrosocamphre, les carbures non saturés dérivés des méthylcylcopentane et méthylcyclohexane actifs de M. Zelinsky, montrent également une exagération du pouvoir rotatoire du fait de la présence de doubles liaisons dans le noyau cyclique renfermant le carbone asymétrique.

L'auteur s'est ensuite occupé de l'influence que pourrait exercer sur le pouvoir rotatoire d'une molécule active la fixation de radicaux non saturés, comme l'allyle, effectuée de telle sorte que la double liaison se trouve en dehors du noyau renfermant le carbone asymétrique. Les éthers allylcamphocarbonique et allylméthylcyclopentanone-carbonique se trouvent dans ce cas. Leur pouvoir rotatoire, comparé à celui des éthers propyliques correspondants, est plus élevé, comme le montre le tableau suivant :

allylcamphocarbonate de méthyle $[\alpha]_D = + 62°$.

propylcamphocarbonate de méthyle $[\alpha]_D = + 52°34$

α-allyl-δ-méthyl-β-cyclopentanone-carbonate de méthyle $\alpha_D = + 62°.54$

α-n. propyl-δ-méthyl-β-cyclopentanone-carbonate de méthyle $\alpha_D = + 51°.8$.

D'autres molécules de ce genre sont à l'étude, en particulier l'allylcamphre et les allylméthylcyclopentanone et hexanone.

Les éthers sels à acides non saturés des alcools actifs constituent une autre catégorie de combinaisons dans lesquelles cette influence de la double liaison se manifeste sur le pouvoir rotatoire de la molécule.

Si l'on compare, par exemple, le pouvoir rotatoire pris en solution acétonique, des deux anhydrides suivants étudiés par M. Freundler :

anhydride diphénylacétyltartrique $[\alpha]_D = + 60°.8$.
anhydride dicinnamyltartrique $[\alpha]_D = + 203°.2$.
on ne peut manquer d'être frappé de la différence énorme qui existe entre ces nombres.

M. Rupe, en étudiant divers éthers du menthol, a également observé de notables différences dans les pouvoirs rotatoires de ces molécules, suivant que les acides étaient saturés ou non, et aussi suivant la distance qui sépare la double liaison de la partie active de la molécule.

M. Haller se propose de poursuivre l'étude de ces phénomènes et de multiplier les exemples.

M. le Dr G. Bertoni (Livourne) présente les résultats de ses *analyses d'eaux thermales* provenant des terrains volcaniques de la Maremme dans le nord de la Toscane. Il a trouvé dans ces eaux de notables quantités de strontiane et de baryte, et fait ressortir l'importance de ce fait au point de vue géologique.

M. Bertoni décrit ensuite un corps de la formule $C_{14}H_9NO_3$, qu'il a obtenu par condensation du furfurol avec l'acide hippurique, et auquel il attribue la constitution suivante :

```
HC ——— CH        CO\
||      ||         |  >N - CO. C6H5
HC      C - CH = C  /
  \   /
    O
```

Ce corps serait ainsi la *lactimide de l'acide benzaminofurfuracrylique*.

M. le Dr Schumacher-Kopp (Lucerne) cite un cas d'empoisonnement du bétail, survenu à Alt-Büron,

canton de Lucerne, et causé, d'après ses observations, par la présence de l'*Epichloë typhina* dans le fourrage.

Il présente ensuite un fragment d'un tuyau en fonte ayant servi à la canalisation de l'eau dans les ateliers du chemin de fer du Gothard à Bellinzona, et portant de curieuses incrustations.

Il fait enfin une démonstration critique de l'*Ovarum* de Reinhardt, appareil destiné à reconnaître l'âge des œufs. Une longue série d'essais l'a convaincu que cet appareil permet bien de distinguer les œufs frais de ceux qui ont huit jours, mais qu'il ne peut servir à reconnaître les différences d'âge subséquentes, ainsi que le prétend le prospectus.

M. le prof. Ed. Schær (Strasbourg) parle de l'*exaltation du pouvoir oxydant par les substances alcalines*. Parmi les corps qui possèdent cette faculté d'exalter le pouvoir de certains agents oxydants, les corps de nature alcaline présentent un intérêt particulier, parce qu'ils jouent leur rôle dans beaucoup de réactions chimiques, ainsi que dans divers procédés de la chimie industrielle. L'auteur a déjà signalé l'action que nombre de corps basiques, minéraux et organiques, exercent sur le pouvoir oxydant des sels ferriques, cupriques, mercuriques, des sels d'argent et d'or, etc. Il insiste sur ce fait que les composés minéraux qui possèdent la réaction alcaline la plus forte, et les substances organiques diverses qui n'ont qu'une réaction alcaline très faible, se comportent, dans tous ces cas, absolument de même.

Comme exemple de l'exaltation du pouvoir oxydant des sels métalliques par les alcalis, M. Schær cite la

modification spontanée que subit la liqueur de Fehling, et qui repose sur une transformation lente mais continue de l'acide tartrique contenu dans la solution.

M. le prof. E. Nœlting (Mulhouse), a obtenu, en collaboration avec M. Wolf, une hydrazone de la formule

$$\begin{array}{l} CH_3 - CO - \underset{\displaystyle |\atop \displaystyle S - CN}{C} = N - N - C_6H_4 - NO_2 \end{array}$$

en faisant réagir le *p*-nitrodiazobenzène sur la sulfocyanacétone. Il n'y a pas ici transformation de cette dernière en méthyloxythiazol.

M. Nœlting a de plus constaté, avec M. Merkel, que l'*acétyl-p-phénylène-diamine* se laisse nettement copuler avec les diazoïques, en donnant des composés diazoaminés, par exemple :

$$CH_3 - CO - NH - C_6H_4 - NH - N = N - C_6H_4 - NO_2$$

M. le prof. F. Fichter (Bâle) s'occupe des *constantes d'affinité des acides non saturés*. Les mesures de conductibilité électrique des acides montrent que la constante de dissociation s'accroît en général par l'introduction de doubles liaisons dans leur molécule ; on devrait donc s'attendre à ce que cet accroissement soit d'autant plus grand que la double liaison est plus rapprochée du carboxyle. Tel n'est point le cas ; les acides non saturés $\alpha\beta$ sont plus faibles que les $\beta\gamma$. Lorsque la double liaison est encore plus éloignée, soit en $\gamma\delta$ ou $\delta\varepsilon$, la constante de dissociation reprend alors sa décroissance normale.

L'auteur avait déjà observé ce fait chez les acides penténique et hexénique[1]. Il l'a retrouvé chez les acides

[1] *Verhandlungen der Naturf. Ges.* Basel **16**, 245 (1903).

α-méthylpenténiques, qui ont donné les chiffres suivants :

Acide α-méthyl-αβ-penténique

$$CH_3 - CH_2 - CH = C <^{CH_3}_{COOH} \qquad K = 0{,}0011$$

Acide α-méthyl-βγ-penténique

$$CH_3 - CH = CH - C <^{CH_3}_{COOH} \qquad K = 0{,}0030$$

Acide α-méthyl-γδ-penténique

$$CH_2 = CH - CH_2 - C <^{CH_3}_{COOH} \qquad K = 0{,}0022$$

(d'après les mesures de MM. E. Rudin et G. Füeg).

Des mesures de la vitesse de catalyse de l'acétate de méthyle par les acides non saturés l'ont conduit à une série de valeurs qui est tout à fait parallèle à celle des constantes d'affinité tirée de la dissociation électrolytique.

M. le prof. H. Rupe (Bâle) fait trois communications qui peuvent se résumer comme suit :

1. Les bases obtenues par condensation des aldéhydes nitrobenzoïques avec les benzimidazols, les benzothiazols, les naphtothiazols et les benzoxazols, et par réduction subséquente des produits, sont des colorants. Les composés azoïques qu'elles fournissent par diazotation et copulation teignent directement le coton.

2. Les chloracétylphénétidines, ainsi que les éthers chloracétylaminobenzoïques, donnent avec la phénylhydrazine des dérivés qui sont tantôt symétriques, tantôt asymétriques.

3. La citronellidène-acétone fournit une semicarbazone, à laquelle une troisième molécule de semicarbazide peut encore se fixer en s'additionnant à la double liaison.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 14 mai 1903.

F. Ullmann et B. Uzbachian. Oxydations au moyen du permanganate de calcium. — H. Decker. Oxydihydrométhylphénylacridine. — L. Pelet. Dosage volumétrique de la safranine et de la fuchsine.— F. Reverdin et P. Crépieux. Derivés nitrés du gaiacol.

M. F. Ullmann a étudié avec M. B. Uzbachian les conditions de l'*emploi du permanganate de calcium comme agent oxydant*, comparé à celui du permanganate de potassium. Il résulte des nombreuses expériences effectuées que l'on obtient les meilleurs rendements en opérant en solution très étendue et en ayant soin que le mélange des corps soit très intime. Dans ces conditions le toluène, le *m*-xylène, les acétyltoluidines, l'acétyl-*m*-xylidine, l'*o*-nitrotoluène, la nitroacétyltoluidine fournissent les acides correspondants avec des rendements qui dépassent 90 $^0/_0$. Les sels quaternaires de la quinoléine donnent de même les acides alcoylformylanthraniliques.

M. H. Decker rend compte de ses derniers travaux sur l'*oxydihydrométhylphénylacridine.*

M. le prof. L. Pelet indique que la *safranine* peut être dosée volumétriquement au moyen d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium. A 10 cc. de solution d'iode $\frac{1}{100}$ n, on ajoute la solution aqueuse de safranine. Il se

forme un précipité, qui est rouge carmin pour la phénosafranine et brun-noir pour la tolusafranine. Ce précipité se dépose rapidement, et l'on reconnait la fin de la réaction à la coloration rose qu'un léger excès de safranine communique au liquide. Chaque molécule de safranine fixe 2 atomes d'iode.

Le dosage de la *fuchsine* s'effectue en versant goutte à goutte la solution aqueuse du colorant dans une solution de nitrite de potassium à 2 ‰, légèrement acidulée par une quantité d'acide chlorhydrique déterminée de façon que celui-ci se trouve en léger excès. La fin de la réaction se reconnaît à la tache rouge qu'un excès de fuchsine laisse dans l'essai à la touche sur du papier à filtrer. Trois molécules de nitrite correspondent à deux de fuchsine. Il se forme très probablement une diazoaminofuchsine.

M. F. Reverdin communique quelques observations qu'il a faites, en collaboration avec M. P. Crépieux, sur la nitration de l'*éther toluène-p-sulfonique du gaiacol* et de l'*acétylgaiacol*. En ce qui concerne ce dernier corps, ces observations confirment les résultats obtenus par plusieurs auteurs dans la préparation du *nitroacétylgaiacol* $C_6H_3.OC_2H_3O.OCH_3.NO_2$. 1. 2. 4. point de fusion 101°, de son produit de saponification fusible à 105° et du *dinitrogaiacol* fusible à 122°. En revanche, les auteurs n'ont pu reproduire un *nitroacétylgaiacol*, décrit précédemment par M. Barbier et fondant selon lui à 135-136°. Il constitue sans doute un isomère et se forme dans des conditions spéciales qui n'ont pu être fixées jusqu'ici.

Séance du 11 juin.

H. Decker. Dérivés de la quinoléine. — F. Ullmann et J. Korselt. Action de l'acide chlorosulfonique sur le chlorobenzène.— F. Ullmann et R. Fitzenkam. Oxyacridines.

M. H. Decker a constaté que les *bases de la série de la quinoléine* qui ne se combinent pas directement à l'iodure de méthyle, réagissent en général facilement avec le sulfate

de méthyle. On peut ensuite, par double décomposition, convertir les produits obtenus en iodométhylates, et ceux-ci en méthylquinolones. L'auteur a vérifié ce fait, en collaboration avec MM. H. STAVROLOPOULOS et S. SANDBERG, pour la 8-nitroquinoléine, la 8-nitro-3-bromoquinoléine et la 5-nitro-8-méthylquinoléine. Avec M. S. GADOMSKA il a, par le même procédé, préparé l'iodométhylate de méthyldiphénylamine, $(C_6H_5)_2\ (CH_3)_2\ NI$.

M. J. KORSELT rend compte de recherches qu'il a faites, à l'instigation de M. F. ULLMANN, sur *l'action de l'acide chlorosulfonique sur le chlorobenzène*. On obtient, suivant les conditions de l'expérience, ou l'acide p-chlorobenzènesulfonique ou son chlorure, toujours accompagné d'une certaine quantité de *p-dichlorosulfobenzide*. Cette dernière fournit par nitration les trois dérivés suivants :

NO_2, Cl — $.SO_2.$ — NO_2, Cl

NO_2, Cl — $.SO_2.$ — NO_2, Cl, NO_2

NO_2, Cl, NO_2 — $.SO_2.$ — NO_2, Cl, NO_2

Dans tous ces corps, les atomes de chlore sont facilement mobiles et peuvent être remplacés par les restes de l'ammoniaque, de l'aniline, etc. Le dérivé dinitré donne avec l'aniline une *dianilinodinitrosulfobenzide*, que la réduction transforme aisément en *dianilinodiaminosulfobenzide*. Celle-ci se condense à son tour avec la phénanthrènequinone en fournissant un composé de l'azonium, ce qui fixe la position des groupes NO_2 dans le corps primitif.

M. R. FITZENKAM décrit deux nouvelles *oxyacridines* qu'il a préparées avec la collaboration de M. F. ULLMANN. Lorsqu'on condense l'amino-*o*-méthoxytoluène avec l'al-

déhyde benzoïque et le β-naphtol, on obtient une *méthylméthoxyphénylnaphtacridine* de la formule suivante :

C_6H_5

CH_3

CH_3O

N

Celle-ci peut être transformée par ébullition avec l'acide chlorhydrique dans l'oxyacridine correspondante.

Cette même oxyacridine peut aussi se préparer en remplaçant, dans la réaction ci-dessus, l'aminométhoxytoluène par l'aminocrésol, ainsi qu'en substituant un hydroxyle au groupe NH_2 de la méthylaminophénylnaphtacridine correspondante. Elle se dissout en jaune-orangé dans les alcalis, et est précipitée de cette solution par l'acide carbonique.

Les auteurs ont obtenu en outre une *dioxyacridine* en chauffant le tétraminoditolylméthane sous pression avec un acide

CH_3 — CH_2 — CH_3 → H_3C CH_3

NH_2 NH_2 H_2N NH_2 HO OH

N

Ce corps se dissout en jaune dans les acides et forme un sel monosodique soluble dans l'eau.

Séance du 9 juillet.

F. Reverdin et P. Crépieux. Dérivés de la diphénylamine. — A. Pictet et P. Genequand. Acide acétochromique et anhydride acétoarsénieux. — F. Ullmann. Nouveau mode de formation de l'acide diphénylamine-o-carbonique.

M. F. Reverdin communique à la Société les résultats de recherches, faites en collaboration avec M. P. Crépieux, sur quelques *dérivés de la diphénylamine*. En chlorurant, au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique, la *p*-amino- ou la *p*-oxy-*o'p'*-dinitrodiphénylamine en solution acétique, on obtient, suivant les conditions de l'expérience, un *dérivé quinonique chloré* ou un *dérivé hydroxylé dichloré*.

Le dérivé quinonique est en aiguilles d'un jaune légèrement orangé, fusibles à 219-220° ; l'acide sulfurique étendu le transforme en un mélange de *dichloroquinone* (O.Cl.Cl.O = 1.2.6.4) et de *dinitraniline* ($NH_2.NO_2.NO_2$ = 1.2.4).

Les produits de condensation

OH, Cl, Cl, NHR et OH, Cl, NHR $[R = C_6H_3.NO_2(o).NO_2(p.)]$

fournissent par l'action du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique le même dérivé, tandis que le produit de condensation

OH, Cl, NHR

donne un *dérivé quinonique trichloré*, en aiguilles rouge-orangé, fusibles à 211° et répondant à l'une des formules

O, Cl, Cl, Cl, NR ou O, Cl, Cl, Cl, NR

Le dérivé hydroxylé dichloré, qui cristallise en aiguilles rouges fusibles à 207°, constitue la p-*oxy*-m.m-*dichloro*-o'.p'-*dinitrodiphénylamine*.

En chlorurant la *p*-acétoxy-*o'*.*p'*-dinitrodiphénylamine, on obtient la p-*acétoxy*-o-*chloro*-o'.p'-*dinitrodiphénylamine*, (point de fusion 170°), dont le produit de saponification est en belles aiguilles rouges, fusibles à 189°. Celui-ci est différent du dérivé m-chloré décrit par l'*Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation* [1], lequel fond à 183° et fournit un sel de sodium stable, tandis que celui du composé fusible à 189° est dissocié par l'eau bouillante.

[1] Brevet allemand N° 128725. Kl. 22.

Les auteurs se sont occupés aussi de la chloruration des *o*- et *p*-éthoxy- et méthoxy-*o'*-*p'*-dinitrodiphénylamines et des α- et β-naphtyl-o'.p'-dinitrodiphénylamines, et se proposent de continuer leurs travaux sur ce sujet.

M. le prof. Amé PICTET a poursuivi avec M. P. GENEQUAND ses recherches sur les *anhydrides organo-minéraux*[1]. Il décrit deux nouveaux représentants de cette classe de corps :

L'*acide acétochromique*, $CrO_2(OH)(OCOCH_3)$, prend naissance lorsqu'on dissout l'anhydride chromique dans l'acide acétique glacial et que l'on précipite par le tétrachlorure de carbone. Il constitue une poudre amorphe brun foncé, très hygroscopique, qui se décompose à 140°. L'eau le dédouble immédiatement en ses deux constituants.

L'*anhydride acéto-arsénieux*, $As(OCOCH_3)_3$, se forme lorsqu'on chauffe à 100° pendant plusieurs heures l'anhydride arsénieux en présence d'un excès d'anhydride acétique. Il distille sans altération dans le vide et se concrète en longues aiguilles blanches, fusibles à 82°. Il se dissout facilement dans la plupart des solvants organiques et est décomposé par l'eau et les alcools.

M. F. ULLMANN indique un nouveau mode de formation de l'*acide diphénylamine*-o-*carbonique*. On obtient ce corps avec un excellent rendement en ajoutant du cuivre finement pulvérisé à une solution d'acide *o*-chlorobenzoïque dans l'aniline :

$$C_6H_4 < \begin{matrix} Cl \\ COOH \end{matrix} + NH_2.C_6H_5 = C_6H_5 < \begin{matrix} NH.C_6H_5 \\ COOH \end{matrix} + HCl$$

Au lieu d'aniline, on peut prendre d'autres amines aromatiques, comme l'*o*-toluidine ou la *m*-nitraniline. L'acide m-*nitrodiphénylamine*-o-*carbonique*, qui se forme dans ce dernier cas, cristallise en aiguilles jaunes, et peut être facilement transformé en une nitroacridone par l'action de l'acide sulfurique. A. P.

[1] *Archives* 1902, t. XIII, p. 404; 1903, t. XV, p. 233.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

E. RUTHERFORD et F. SODDY. — ÉTUDE COMPARATIVE SUR LA RADIOACTIVITÉ DU RADIUM ET DU THORIUM. *(Phil. Mag.* Avril 1902).

Les propriétés radioactives du radium et du thorium présentent une grande analogie malgré la grande différence qui existe entre leur activité relative. Ces deux éléments produisent des émanations radioactives qui, à leur tour, produisent une radiation induite sur les corps avoisinants. Dans les détails cependant, les propriétés radioactives du radium et du thorium présentent des différences marquées : en particulier la vitesse avec laquelle les émanations perdent leur activité est environ 6000 fois plus grande pour le thorium que pour le radium. D'autre part, l'activité induite du radium se perd beaucoup plus rapidement que celle du thorium. L'activité du radium décroît en progression géométrique avec le temps. Elle tombe à la moitié de sa valeur initiale au bout de quatre jours environ.

A l'état solide, les émanations sont relativement faibles. Comme pour le thorium, la chaleur, l'humidité, mais plus spécialement la dissolution dans l'eau, augmentent beaucoup le pouvoir émanant du radium : pour les deux éléments, c'est en dissolution dans l'eau que l'effet est maximum. On peut expliquer cette variation du pouvoir émanant de deux manières : ou c'est la vitesse de la réaction qui produit l'émanation qui varie, ou, cette vitesse étant constante, l'émanation met plus de temps pour s'échapper dans telle ou telle circonstance. Cette considération est d'une

importance capitale pour le radium : en effet, puisque cet élément ne perd son activité qu'après une période de plusieurs semaines, si l'on considère que l'émanation est produite continuellement avec une vitesse constante, on doit nécessairement supposer que dans un composé radifère non émanant il y a une quantité d'émanation emprisonnée; lorsqu'on dissout la substance cette émanation s'échappera brusquement et l'on aura un effet beaucoup plus intense. Des expériences ont prouvé que l'émanation se produit avec la même vitesse dans le cas d'un composé solide ou d'une solution ; mais dans le premier cas elle s'emmagasine, dans le second elle s'échappe à mesure qu'elle est formée. Le pouvoir émanant du chlorure de radium solide n'a que $^1/_2$ $^0/_0$ de la valeur de son pouvoir émanant en solution ; de même le pouvoir émanant du nitrate de thorium est 200 fois plus grand pour une solution que pour l'état solide. La chaleur a le même effet que la dissolution. Ces variations de l'intensité du pouvoir émanant ne sont dues qu'à la différence de vitesse avec laquelle l'émanation gazeuse s'échappe.

Le radium, comme le thorium et l'uranium, émet deux sortes de rayons : les rayons α facilement absorbés, et les rayons β pénétrants et facilement déviés dans un champ magnétique. L'analogie avec les deux éléments fait supposer l'existence de radium X analogue au thorium X, fournissant une partie de l'activité ; l'autre partie est inséparable de l'élément radium. Au point de vue de la nature chimique des émanations du radium, différents réagents essayés comme pour le thorium ne donnèrent pas de résultat. L'émanation passe sans changement à travers le pentoxyde de phosphore, les acides sulfurique, nitrique et chlorhydrique, ainsi que sur du chlorate de plomb et du magnésium chauffés au rouge. L'eau ne dissout pas l'émanation ; elle passe aussi sans changement au travers d'un tube de platine chauffé jusqu'à son point de fusion.

Mme Sklodowska Curie. Recherches sur les substances radioactives. Thèse. Paris, Gauthier-Villars, 1903, 142 p.

Dans ce travail, Mme Curie a rassemblé les résultats de ses propres recherches et ceux qui ont été publiés par d'autres physiciens, donnant ainsi, avec la compétence qui lui appartient, un mémoire d'ensemble sur l'état actuel de la question.

L'ordre des matières est le suivant :

Radioactivité de l'uranium et du thorium, minéraux radioactifs.

Les nouvelles substances radioactives (méthodes de recherches; polonium, radium, actinium; spectre du radium; extraction des substances radioactives nouvelles; polonium; préparation du chlorure de radium pur; détermination du poids atomique du radium; caractères des sels de radium).

Rayonnement des nouvelles matières radioactives (procédés d'étude du rayonnement; énergie du rayonnement; nature complexe du rayonnement; action du champ magnétique; rayons déviables β; charge des rayons déviables; action du champ électrique sur les rayons déviables β du radium; rapport de la charge à la masse pour une particule chargée négativement, émise par le radium; action du champ magnétique sur les rayons α; action du champ magnétique sur les rayons des autres substances radioactives; proportion des rayons déviables β dans le rayonnement du radium; pouvoir pénétrant du rayonnement des corps radioactifs; action ionisante des rayons du radium sur les liquides isolants; divers effets et applications; effets de fluorescence, effets lumineux; effets chimiques, colorations; production de thermoluminescence; radiographies; effets physiologiques; action de la température sur le rayonnement).

La radioactivité induite (communication de la radioactivité à des substances primitivement inactives; rôle des gaz, émanations; désactivation à l'air libre des solides activés; désactivation en enceinte close, vitesse de des-

truction de l'émanation; variation d'activité des liquides activés et des solutions radifères; théorie de la radioactivité; autre forme de la radioactivité induite; radioactivité induite et évolution lente; radioactivité induite sur des substances qui réagissent en dissolution avec le radium; dissémination des poussières radioactives et radioactivité induite du laboratoire; activation en dehors de l'action des substances radioactives; variations d'activité des corps radioactifs, effets de dissolution; variations d'activité des sels de radium par le chauffage; interprétation théorique).

Nature et cause des phénomènes de radioactivité.

En terminant l'auteur précise quelle est sa part personnelle dans les recherches sur les substances radioactives.

C. S.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

LEO LANGSTEIN. LES HYDRATES DE CARBONE DE LA GLOBULINE DU SÉRUM. — *Monatshefte* **24**, 445. Bâle.

La globuline qui a servi à ces recherches a été préparée par demi-saturation du sérum de cheval au moyen d'une solution saturée de sulfate d'ammoniaque. Décomposée par l'acide bromhydrique à 5 %, elle a fourni du glucose droit, du fructose et un aminohexose. Le glucose est sans aucun doute un produit primaire du dédoublement. On ne peut avec certitude en dire autant du fructose, car il pourrait se former par l'action des alcalis au cours des opérations nécessaires pour l'isoler. Quant à l'aminohexose, il se distingue nettement de la glucosamine. Il n'y a pas, dans la molécule de la globuline de groupes fournissant de la glucosamine, car l'oxydation par l'acide nitrique ne donne ni acide norisosaccharique, ni acide mucique.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1903

Le 1er, très forte rosée le matin, rosée le soir.
2, très forte rosée le matin.
3, très forte rosée le matin ; légère couronne lunaire le soir.
4, très forte rosée le matin.
5, très forte rosée le matin ; halo solaire, légèrement coloré.
6, forte rosée le matin.
7, très forte rosée le matin ; légère pluie à 3 h. 15 soir.
8, forte rosée le matin.
9, fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
10, pluie dans la nuit ; fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
11, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir.
12, fort vent à 1 h. du soir.
13, pluie pendant toute la journée.
14, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 7 h. du soir ; première neige sur le Jura ; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir, et depuis 9 h. du soir.
15, très forte bise pendant toute la journée.
16, pluie à 7 h. du soir.
17, rosée le matin ; forte bise depuis 1 h. du soir.
18, quelques gouttes de pluie à 6 h. 45 du soir.
20, forte rosée le matin.
22, forte rosée le matin ; pluie à 10 h. du matin, à 4 h. et à 7 h. du soir.
23, brouillard le matin ; forte rosée le soir.
24, très forte rosée le matin ; brouillard à l'horizon.
25, forte rosée le matin,
26, très forte rosée le matin.
27, très forte rosée le matin ; éclairs au S et à l'W pendant toute la soirée ; la neige a disparu sur le Jura et le Môle.
28, forte rosée le matin et le soir.
29, brouillard le matin ; forte rosée le soir.
30, brouillard à l'horizon et très forte rosée le matin ; couronne et halo lunaires et forte rosée le soir.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	33.0	32.4	31.8	32.23	+ 4.47	31.3	33.4	N. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.0	0	0	0	0	10.5	....	....
2	31.0	29.3	29.8	30.09	+ 2.35	28.2	31.8	N. 0	N. 1	N. 1	N. 1	3.3	0	0	0	0	**11.2**	....	....
3	31.3	30.9	30.6	30.71	+ 2.99	29.8	31.4	SW. 1	N. 1	NW. 0	N. 1	4.4	2	1	3	1	10.8	....	....
4	30.3	30.2	29.1	29.58	+ 1.88	27.9	30.3	NW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.4	6	1	2	3	10.0	....	....
5	29.8	28.9	30.3	29.33	+ 1.65	28.5	30.5	S. 0	N. 1	NW. 0	var.	4.2	2	2	0	2	9.9	....	....
6	30.2	28.5	28.3	29.03	+ 1.38	27.3	30.4	S. 0	N. 1	NNW. 0	var.	1.1	0	0	2	1	10.7	....	....
7	28.5	29.2	31.2	29.44	+ 1.81	28.4	31.5	S. 0	SW. 1	S. 0	S. 1	3.1	1	10	8	6	4.8	....	....
8	32.1	31.7	32.0	31.76	+ 4.16	31.0	32.3	S. 0	N. 1	W. 0	var.	5.0	10	8	10	9	4.2	....	....
9	30.6	29.3	28.3	29.71	+ 2.13	28.2	32.1	SSW. 1	SSW. 3	SSW. 1	SSW. 1	11.5	10	0	7	5	10.0	1.1	1
10	28.9	28.1	24.5	27.30	− 0.25	22.7	28.9	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	12.5	10	4	1	5	9.3	....	....
11	19.5	20.3	20.8	20.40	− 7.12	**19.0**	23.5	SSW. 2	WSW. 2	S. 1	SSW. 1	8.3	10	9	6	9	1.1	....	....
12	20.0	20.2	20.6	**20.24**	**− 7.25**	19.7	21.5	SW. 1	WSW. 2	SW. 0	SSW. 1	8.7	7	10	10	8	4.0	....	....
13	20.1	20.2	21.1	20.54	− 6.92	20.1	21.4	N. 1	NNE. 1	SW. 0	NNE. 1	7.3	10	10	10	10	....	**18.0**	**18**
14	23.6	25.9	28.6	25.38	− 2.05	22.0	28.7	NW. 0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	13.6	10	9	10	9	....	0.3	1
15	28.4	28.5	29.2	28.68	+ 1.28	28.2	29.6	NNE. 2	NNE. 4	NNE. 3	NNE. 3	**24.1**	10	10	4	8	2.8	....	....
16	29.0	29.3	31.4	29.68	+ 2.31	28.8	31.5	E. 0	NNE. 1	E. 0	NNE. 1	6.2	10	9	7	9	0.5	....	....
17	32.9	32.6	32.6	32.53	+ 5.19	31.8	32.9	S. 0	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	13.6	8	8	10	7	5.4	....	....
18	31.2	30.0	28.6	30.28	+ 2.97	28.4	32.5	NE. 1	ENE. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.4	7	10	10	9	....	....	....
19	27.7	27.0	27.4	27.47	+ 0.20	26.3	28.3	SW. 0	N. 1	SE. 0	NNE. 1	3.4	10	1	0	5	6.1	....	....
20	29.3	28.4	28.3	28.54	+ 1.30	27.5	29.3	S. 0	N. 1	E. 0	NNE. 1	2.9	10	0	9	6	6.5	....	....
21	28.0	27.5	27.5	27.58	+ 0.37	26.4	28.2	N. 1	N. 1	SE. 0	N. 1	5.0	10	6	2	7	4.6	....	....
22	28.5	29.5	32.3	29.60	+ 2.42	27.7	32.6	S. 0	N. 1	NE. 0	NNE. 1	2.5	10	10	10	10	....	0.6	1
23	33.8	33.9	34.6	33.71	+ 6.57	32.4	34.6	N. 0	N. 1	S. 0	var.	1.8	10	2	6	4	5.0	....	....
24	34.7	33.7	33.5	33.95	+ 6.84	32.8	34.9	NW. 0	N. 1	N. 1	N. 1	3.1	9	1	9	5	8.9	....	....
25	34.6	34.5	35.0	**34.53**	**+ 7.46**	34.0	35.1	S. 0	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	4.2	9	10	0	6	2.1	....	....
26	35.0	33.3	32.4	33.78	+ 6.74	32.2	**35.2**	S. 1	N. 1	N. 0	N. 1	4.2	0	1	0	0	9.4	....	....
27	31.0	29.4	28.7	30.07	+ 3.07	28.2	32.1	N. 0	NNW. 1	SSE. 1	var.	4.2	0	2	2	1	9.1	....	....
28	28.9	27.7	28.1	28.18	+ 1.21	27.1	28.9	S. 0	N. 1	N. 0	NNE. 1	3.1	8	1	1	2	8.4	....	....
29	28.6	27.8	29.1	28.29	+ 1.36	27.3	29.3	N. 0	N. 1	N. 1	N. 1	4.2	10	5	1	4	8.5	....	....
30	30.5	30.1	30.2	30.02	+ 3.12	29.4	31.0	SW. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.2	6	4	1	4	6.8	....	....
Mois	29.37	28.95	29.20	29.09	+ 1.46							6.25	6.8	4.8	4.7	5.2	180.6	20.0	21

GENÈVE — SEPTEMBRE 1903

Jour du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+14.8	+23.6	+19.4	+18.44	+ 1.85	+12.5	+24.9	87	57	81	81	+ 7	57	96	18.5	+ 0.2	1590
2	16.6	25.6	20.5	20.12	+ 3.64	14.7	27.0	82	59	80	80	+ 6	59	95	19.0	+ 0.8	1582
3	17.2	23.3	19.8	20.19	+ 3.82	14.9	26.1	88	66	80	76	+ 1	51	94	19.2	+ 1.0	1577
4	16.2	23.8	19.9	19.70	+ 3.45	14.1	26.2	85	62	80	77	+ 2	59	93	20.0	+ 1.9	1577
5	17.0	25.6	20.0	**21.21**	**+ 5.08**	14.7	**30.1**	88	59	81	70	- 5	37	95	20.4	+ 2.4	1596
6	14.8	24.2	19.5	19.71	+ 3.69	12.8	26.2	81	50	79	71	- 4	50	92	....	.....	1600
7	17.3	24.6	17.7	19.49	+ 3.60	15.9	26.1	80	50	83	69	- 7	50	88	20.1	+ 2.5	1623
8	14.1	22.0	17.8	17.80	+ 2.03	12.5	25.0	92	59	78	76	0	59	92	20.8	+ 3.0	1587
9	17.0	23.2	17.8	18.96	+ 3.32	15.6	24.6	78	48	62	65	-11	45	85	21.3	+ 3.5	1577
10	15.4	19.9	11.9	16.36	+ 0.84	10.8	21.2	76	47	68	62	-14	47	76	21.8	+ 4.1	1585
11	13.2	14.1	11.2	13.04	- 2.35	9.0	19.2	56	56	70	**60**	**-17**	44	80	21.4	+ 3.8	1563
12	12.6	18.7	12.0	13.59	- 1.66	9.5	19.2	50	41	63	**60**	**-17**	**41**	83	11.7	- 5.8	1562
13	10.6	10.1	8.3	9.50	- 5.62	7.2	12.5	90	98	98	**94**	**+17**	85	98	....	.....	1620
14	7.8	11.8	10.0	**9.34**	**- 5.64**	7.0	12.8	94	66	77	84	+ 7	66	100	11.4	- 6.0	1597
15	9.0	11.4	8.6	9.67	- 5.18	8.3	12.2	77	58	88	71	- 7	58	77	11.7	- 5.6	1581
16	8.0	11.8	9.4	9.80	- 4.91	7.2	14.0	83	66	81	74	- 4	62	85	12.3	- 4.9	1577
17	5.7	14.4	11.9	9.80	- 4.76	**4.0**	16.0	92	56	67	75	- 3	56	90	12.5	- 4.6	1567
18	9.4	13.0	11.0	11.23	- 3.19	7.1	15.0	80	72	78	75	- 3	56	90	12.4	- 4.6	1557
19	9.4	14.6	11.6	11.70	- 2.58	8.5	16.0	89	71	89	80	+ 2	63	90	11.9	- 5.0	1571
20	8.4	15.1	12.7	11.55	- 2.58	6.0	16.7	95	75	87	87	+ 8	75	98	....	....	1570
21	12.4	16.5	13.0	13.92	- 0.06	12.0	18.0	86	68	88	83	+ 4	68	91	16.0	- 0.7	1567
22	11.6	14.8	14.0	13.31	- 0.52	10.9	16.2	95	84	97	92	+13	84	98	15.4	- 1.2	1558
23	14.0	19.6	15.0	16.15	+ 2.47	13.1	21.5	94	74	87	86	+ 7	68	95	15.6	- 0.9	1583
24	11.8	19.4	15.7	15.55	+ 2.03	10.8	20.6	93	64	92	82	+ 3	64	96	16.0	- 0.4	1577
25	13.7	21.0	13.6	16.55	+ 3.18	12.0	22.4	96	44	87	77	- 3	44	96	16.4	+ 0.1	1591
26	9.2	19.2	13.7	14.01	+ 0.80	8.2	21.2	95	69	90	83	+ 3	69	95	16.3	+ 0.1	1592
27	9.8	19.6	15.8	15.26	+ 2.21	8.7	23.5	95	66	77	76	- 4	51	95	....	....	1570
28	12.8	19.2	15.0	16.08	+ 3.19	11.4	21.0	90	69	87	80	0	59	90	16.5	+ 0.5	1583
29	10.0	19.4	14.8	14.95	+ 2.22	9.6	21.9	98	65	89	85	+ 5	65	98	17.0	+ 1.1	1585
30	10.4	18.9	15.2	15.25	+ 2.68	9.0	21.2	97	75	90	88	+ 7	75	97	17.5	+ 1.7	1571
Mois	+12.34	+18.61	+14.56	+15.07	+ 0.41	+10.60	+20.63	86	63	82	77	0			16.67	- 0.40	1581

MOYENNES DE GENÈVE. — SEPTEMBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : $+ 0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700^{mm} +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.49	30.27	30.57	30.54	29.84	28.94	29.09	29.62	29.92
2e »	26.33	26.02	26.16	26.45	26.25	26.18	26.63	26.95	26.37
3e »	31.04	31.04	31.38	31.60	30.74	30.10	30.66	31.21	30.97
Mois	29.29	29.11	29.37	29.53	28.95	28.40	28.79	29.26	29.09

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+15.97	+14.86	+16.04	+21.43	+23.58	+23.59	+20.32	+17.80	+19.20
2e »	8.94	8.66	9.41	12.04	13.50	13.12	11.51	10.19	10.92
3e »	12.76	11.75	11.57	17.26	18.76	18.89	16.01	13.83	15.10
Mois	+12.56	+11.76	+12.34	+16.91	+18.61	+18.53	+15.95	+13.90	+15.07

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyenne
1re décade	86	88	84	66	56	56	68	78	73
2e »	85	84	81	72	66	64	73	83	76
3e »	91	94	94	73	68	70	85	90	83
Mois	87	89	86	71	63	64	76	84	77

Dans ce mois l'air a été calme 367 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{93}{45} = 2.1$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 2°.2 W.
Son intensité est égale à 25.2 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

		mm
Pression atmosphérique	......	729.17
Nébulosité	....	5.4
Température	$\frac{7+1+9}{3}$ ..	+15°.17
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$ ..	+15°.02
Fraction de saturation	....	77 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	727.63
Nébulosité..	(1847-1875).	4.9
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	94^{mm}.2
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	+14°.66
Fraction de saturat.	(1849-1875).	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	24.9	23.6	25.5	24.2	22.5	18.5	25.3

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	26.3	20.0	21.7	22.1	23.5	24.6

Durée totale de l'insolation à Jussy : 190h.1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1903

Le 2 et 3, très fort vent dans l'après-midi.
8 et 9, pluie.
10, très forte bise pendant la journée.
11, fort vent, grande sécheresse de l'air le matin.
12, forte bise le matin, fort vent l'après-midi.
13, neige et forte bise, pluie.
14, forte bise.
15, forte bise et neige.
16, neige.
21 et 22, pluie pendant la journée.

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBRE 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	75.4	75.8	75.7	**75.6**	+ **7.5**	75.0	**76.1**	NE. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
2	74.5	73.5	73.3	73.8	+ 5.7	73.1	74.8	SW. 1	SW. 4	SW. 3	SW. 3	0	2	0	1	....	....
3	73.7	73.6	73.7	73.7	+ 5.7	73.5	74.0	NE. 1	SW. 3	NE. 1	NE. 1	0	2	5	2	....	....
4	73.0	72.8	73.2	73.0	+ 5.0	72.8	73.5	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	2	5	7	5	....	....
5	73.2	72.8	73.5	73.2	+ 5.3	72.5	73.9	SW. 2	SW. 2	NE. 1	SW. 2	2	1	3	2	....	....
6	73.2	72.2	72.0	72.5	+ 4.6	71.8	73.5	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	3	0	1	....	....
7	71.5	71.3	72.2	71.7	+ 3.9	71.0	72.5	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	0	3	7	3	....	....
8	72.1	72.2	72.3	72.2	+ 4.5	72.0	72.5	SW. 1	NE. 2	SW. 1	SW. 1	6	8	6	7	17.9	....
9	71.6	70.4	69.1	70.4	+ 2.7	69.0	71.8	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	0	6	9	5	6.7	....
10	67.2	67.1	64.5	66.3	− 1.3	64.0	67.8	NE. 2	NE 3	NE. 1	NE. 2	10	4	0	5	....	....
11	60.3	59.2	59.1	59.5	− 8.0	58.9	63.0	SW. 3	SW. 2	NE. 1	SW. 2	10	7	10	9	....	....
12	58.4	59.5	60.6	59.5	− 7.9	58.0	61.0	NE. 3	SW. 4	SW. 3	SW. 3	8	6	10	8	....	....
13	58.9	57.8	57.2	**58.0**	− **9.4**	**57.0**	59.0	SW. 1	NE. 1	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	**35.7**	**17**
14	59.1	61.7	62.9	61.2	− 6.1	58.5	63.2	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	....	....
15	62.2	62.7	63.1	62.7	− 4.5	61.9	63.4	NE. 2	NE. 3	NE 2	NE. 2	10	10	10	10	5.0	4
16	63.1	64.4	66.0	64.5	− 2.6	62.9	66.5	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	19.6	12
17	66.7	68.1	68.3	67.7	+ 0.6	66.5	68.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	8	10	9	....	....
18	66.7	66.9	66.0	66.5	− 0.5	65.9	67.2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	4	4	10	6	....	....
19	66.1	66.4	67.5	66.7	− 0.2	65.9	67.7	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	5	9	6	....	....
20	68.2	68.6	68.8	68.5	+ 1.7	68.0	69.1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	4	3	6	....	....
21	68.4	68.5	69.1	68.7	+ 2.0	68.1	69.5	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	1.0	....
22	69.4	70.2	71.5	70.4	+ 3.8	69.2	71.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	3.0	....
23	72.2	73.0	73.9	73.0	+ 6.4	72.0	74.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	8	10	9	....	....
24	73.1	73.0	73.4	73.2	+ 6.7	72.9	73.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	3	10	4	....	....
25	73.2	73.5	73.7	73.5	+ 7.1	73.0	73.9	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	6	9	....	....
26	73.3	72.0	72.3	72.5	+ 6.2	71.9	73.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	4	0	3	....	....
27	70.5	70.1	69.6	70.1	+ 3.9	69.4	71.3	SW. 1	SW. 1	SW 2	SW. 1	0	3	10	4	....	....
28	69.0	68.9	69.3	69.1	+ 3.0	68.8	70.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	7	10	9	....	....
29	69.5	69.6	70.3	69.8	+ 3.8	69.0	70.6	SW. 1	SW 2	SW. 1	SW. 1	8	7	10	8	....	....
30	70.5	70.9	71.4	70.9	+ 4.9	70.3	71.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	7	3	....	....
Mois	568.80	568.89	569.12	568.94	+ 1.49							5.6	5.8	7.1	6.1	88.9	33

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Écart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 9.1	+13.6	+10.6	**+11.1**	+ **6.0**	+ 8.7	+11.6	63	43	62	56	38	75
2	7.4	11.3	8.3	9.0	+ 4.0	6.9	12.2	64	51	65	60	17	76
3	7.9	12.6	10.0	10.2	+ 5.3	7.1	13.7	73	32	80	62	30	85
4	8.0	12.5	9.0	9.8	+ 5.0	7.9	**14.8**	72	52	82	69	41	86
5	6.8	12.2	9.6	9.5	+ 4.8	6.8	13.0	90	56	64	70	38	95
6	7.9	12.6	9.7	10.1	+ 5.5	7.5	14.3	80	24	43	49	22	83
7	7.3	12.8	8.3	9.5	+ 5.0	6.9	13.1	64	48	89	67	45	93
8	7.1	11.2	7.8	8.7	+ 4.3	7.0	11.1	100	65	82	82	50	100
9	7.4	11.8	6.1	8.5	+ 4.2	6.2	12.0	67	46	100	71	45	100
10	2.9	5.5	+ 5.9	4.8	+ 0.6	+ 2.8	7.1	100	76	34	70	25	100
11	+ 5.2	5.5	− 1.3	3.1	− 1.0	− 1.5	6.1	10	12	100	51	**10**	100
12	− 1.7	3.3	+ 2.2	+ 1.3	− 2.7	− 2.0	4.8	89	47	69	68	38	95
13	− 0.6	+ 0.7	− 2.5	− 0.8	− 4.7	− 2.5	+ 2.6	100	100	100	100	98	100
14	− 1.5	− 1.0	− 3.7	− 3.1	− 6.9	− 5.0	− 0.5	100	92	100	97	90	100
15	− 4.8	− 3.8	− 5.2	− **4.6**	− **8.2**	− 5.5	− 2.8	100	98	100	99	80	100
16	− 5.6	− 1.6	− 4.6	− 3.9	− 7.4	− 6.1	− 1.5	100	84	100	95	72	100
17	− 5.6	− 1.2	− 3.8	− 3.5	− 6.9	− **6.2**	+ 0.1	100	76	100	92	68	100
18	− 2.7	+ 0.3	− 1.4	− 1.3	− 4.6	− 5.8	0.4	78	86	100	88	48	100
19	− 1.8	2.0	0.0	+ 0.1	− 3.0	− 0.2	2.5	100	78	100	93	66	100
20	− 0.6	3.0	+ 1.4	1.3	− 1.7	− 0.6	4.1	100	66	95	87	58	100
21	+ 0.5	1.8	2.0	1.4	− 1.5	+ 0.4	2.2	100	100	100	100	99	100
22	0.8	1.1	1.2	1.0	− 1.8	0.7	2.2	100	100	100	100	98	100
23	2.0	4.4	3.8	3.4	+ 0.8	1.3	5.2	100	94	100	98	78	100
24	1.8	5.4	3.4	3.5	+ 1.0	1.7	6.7	89	94	100	94	78	100
25	1.8	2.8	2.4	2.3	− 0.1	1.8	3.1	100	100	100	100	90	100
26	1.7	5.4	2.8	3.3	+ 1.1	1.9	6.6	100	76	100	92	68	100
27	2.2	6.4	3.6	4.1	+ 2.0	1.9	7.5	75	81	90	82	65	95
28	2.6	4.8	3.5	3.6	+ 1.7	2.4	7.1	95	77	79	84	70	98
29	1.8	3.8	3.3	3.0	+ 1.2	1.7	4.2	100	95	100	98	90	100
30	+ 3.2	+ 9.8	+ 5.3	+ 6.1	+ 4.4	+ 2.4	+10.0	64	53	87	68	48	90
Mois	+ 2.25	+ 5.63	+ 3.27	+ 3.72	+ 0.40	+ 1.62	+ 6.57	86	71	87	81		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — SEPT. 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : – 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + | **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	72.54	72.17	71.95	72.24	77	49	70	66
2e »	62.97	63.53	63.95	63.48	88	77	96	87
3e »	70.91	70.97	71.45	71.11	92	87	96	92
Mois	68.80	68.89	69.12	68.94	86	71	87	81

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 7.18	+ 11.61	+ 8.56	+ 9.12	+ 8.98
2e »	− 2.27	+ 0.72	− 1.89	− 1.15	− 1.33
3e »	+ 1.84	+ 4 57	+ 3.13	+ 3.18	+ 3.17
Mois	+ 2.25	+ 5.63	+ 3.27	+ 3.72	+ 3.60

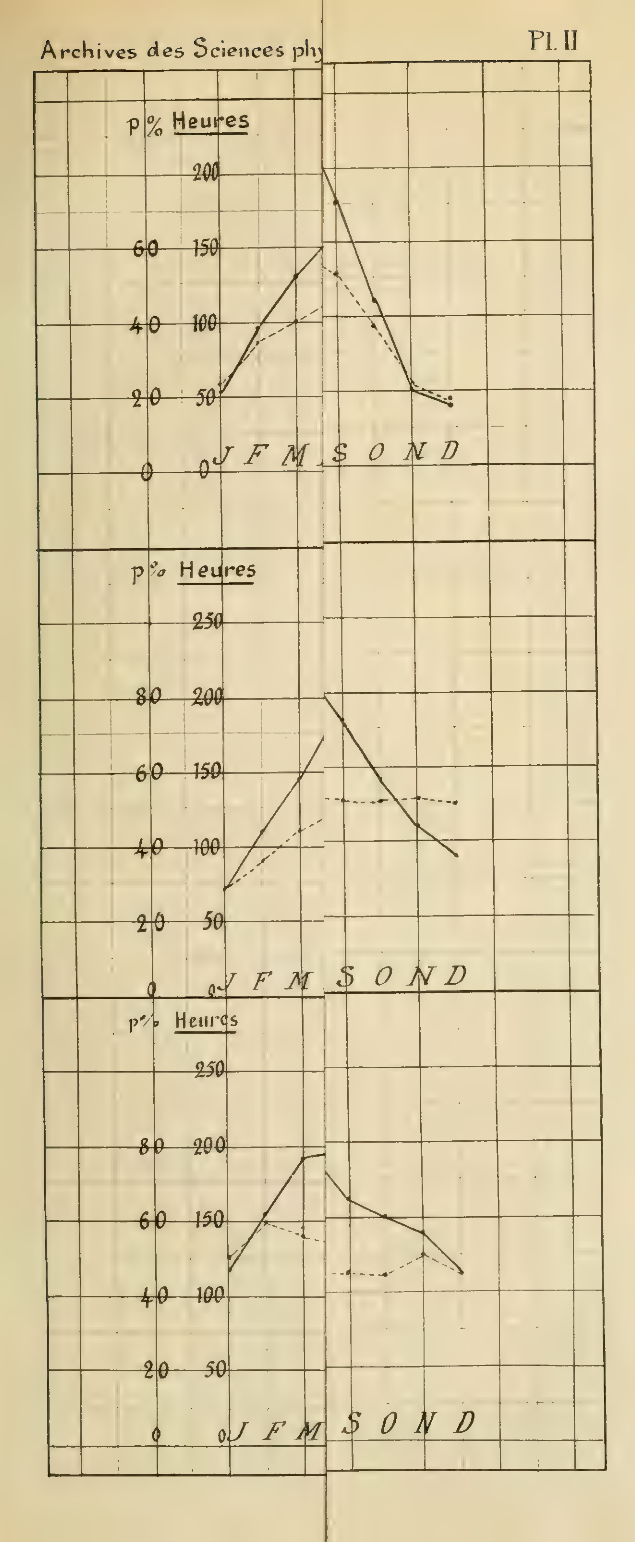
Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{48}{95} = 0.5$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 52.2 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	15.8	30.7	26.3	88.9
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	33cm


p % Heures
200
60 150
40 100
20 50
0 0 J F M S O N D
p % Heures
250
80 200
60 150
40 100
20 50
0 0 J F M S O N D
p % Heures
250
80 200
60 150
40 100
20 50
0 0 J F M S O N D

p % Heures
Heures
p %
BALE
1697 h
J F M A M J Jl. A S O N D

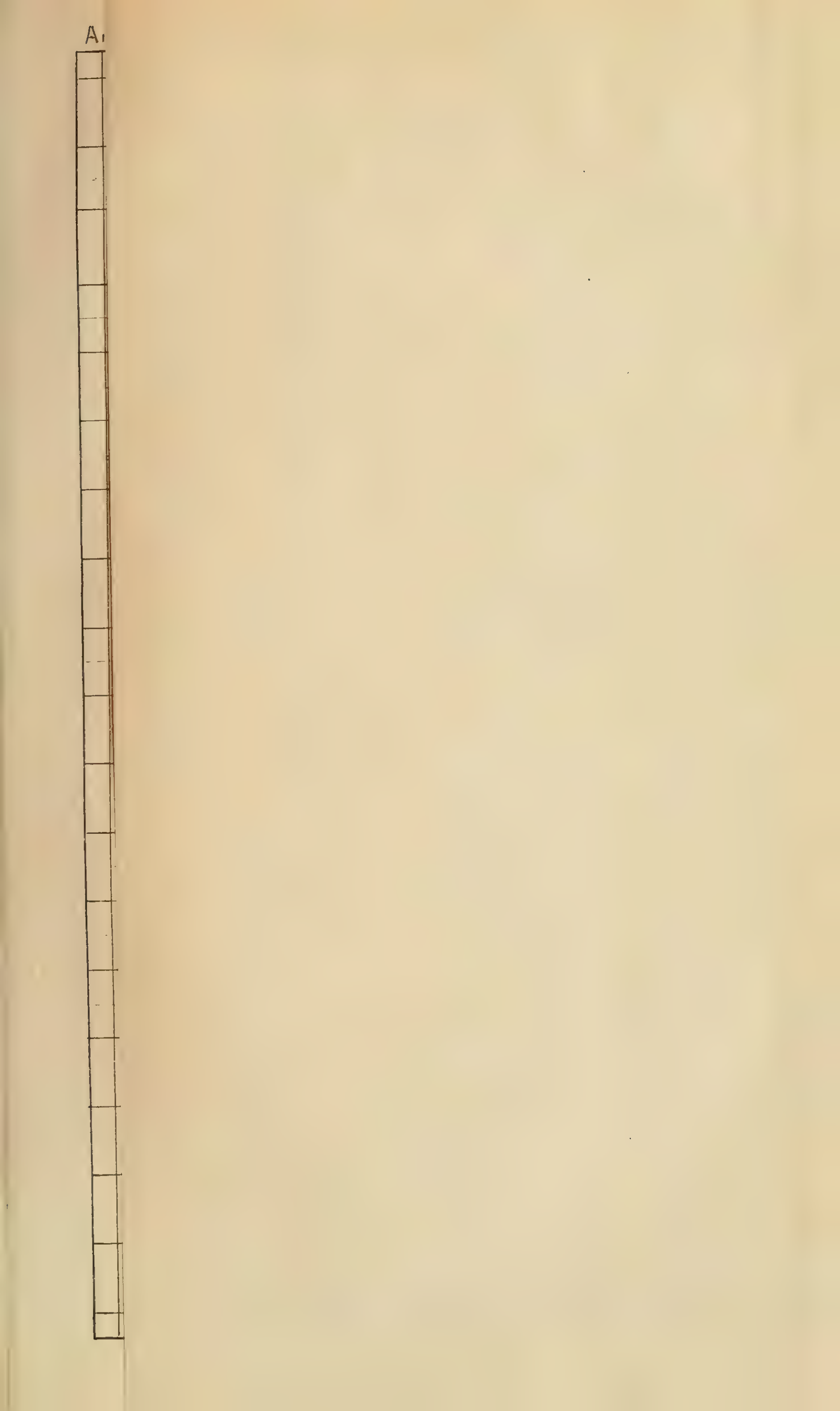
p % Heures
Heures
p %
ZURICH
1730 h
J F M A M J Jl. A S O N D

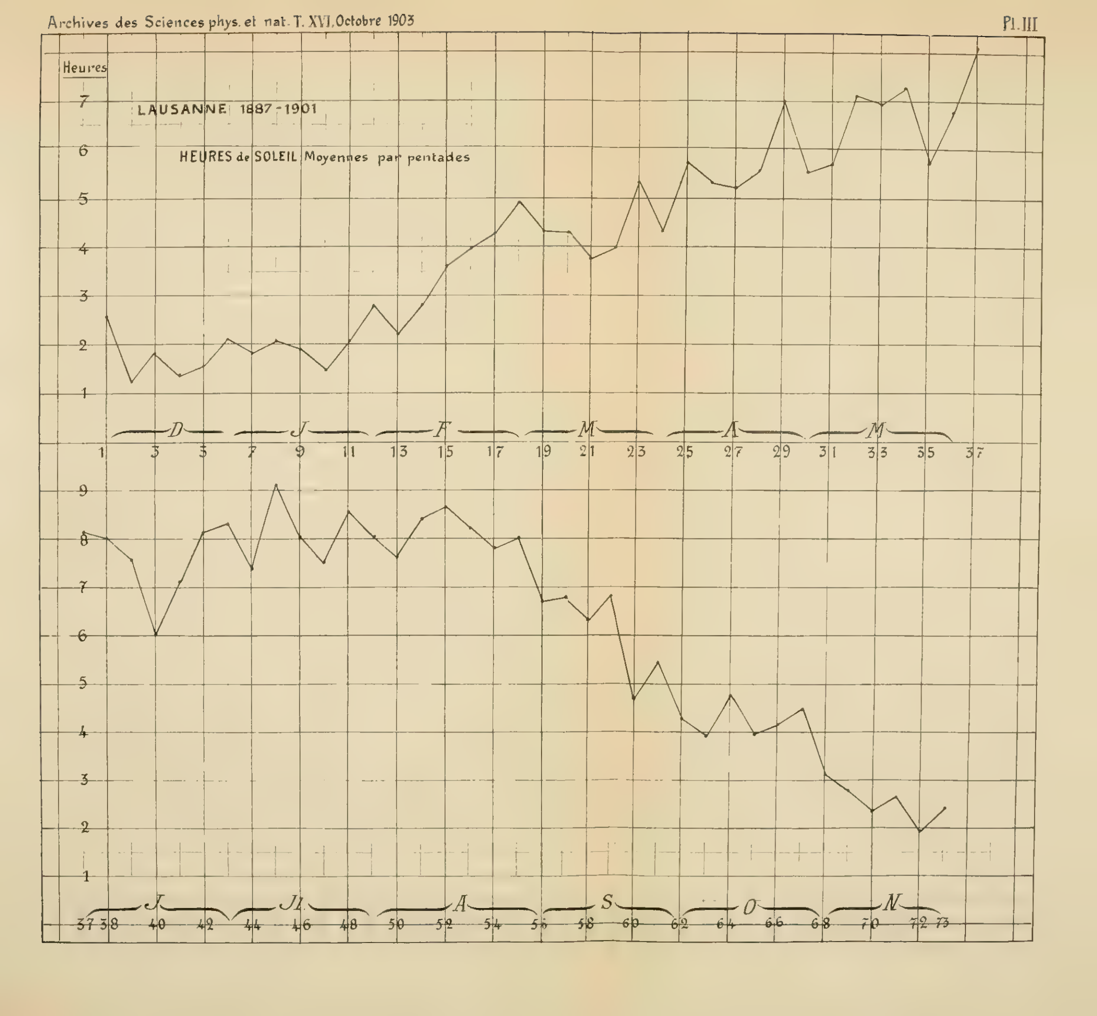
p % Heures
Heures
p %
LAUSANNE
1912 h
J F M A M J Jl. A S O N D

p % Heures
Heures
p %
DAVOS
1796 h
J F M A M J Jl. A S O N D

p % Heures
Heures
p %
LUGANO
2277 h
J F M A M J Jl. A S O N D

p % Heures
Heures
p %
SÄNTIS
1753 h
J F M A M J Jl. A S O N D





Heures
LAUSANNE 1887-1901
HEURES de SOLEIL Moyennes par pentades
D
J
F
M
A
M
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33 35 37
J
Jt
A
S
O
N
37 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56 58 60 62 64 66 68 70 72 73

LES

APPLICATIONS DES ACIERS AU NICKEL

par **Ch.-Éd. GUILLAUME**

Directeur-adjoint du Bureau international des Poids et Mesures.

(Suite et fin[1].)

QUATRIÈME PARTIE

APPLICATIONS DIVERSES

Nous avons vu, dans les chapitres qui précèdent, avec quelle simplicité les aciers au nickel ont permis d'aborder divers problèmes qui, dans l'emploi des métaux ou alliages usuels, comportaient une complication considérée jusqu'ici comme nécessaire et inhérente aux propriétés fondamentales de la matière.

Dans le domaine scientifique, les applications des aciers au nickel à la géodésie et à la chronométrie sont certainement parmi les plus importantes auxquelles ils puissent jamais prétendre. Dans chacune de ces deux directions, ils constituent déjà un ensemble compact et très élaboré, de plus bien délimité et qui pouvait être traité dans tous ses détails. Mais il est une foule d'autres applications scientifiques ou industrielles de ces

[1] Voir *Archives*, mars 1903, t. XV, p. 249; avril, p. 403; mai, p. 514; juin, p. 623; août, t. XVI, p. 172; septembre, p. 273.

curieux alliages dans lesquelles ils seront d'un précieux secours, soit parce qu'ils conduiront à des simplifications ou à des perfectionnements analogues à ceux que nous avons rencontrés, soit parce que, remplaçant par certaines de leurs propriétés des métaux d'un prix incomparablement plus élevé, ils permettront de réaliser d'importantes économies dans des objets de fabrication courante. Ce sont ces applications éparses qui seront exposées dans la suite de ce travail.

CHAPITRE XII

Applications des alliages a faible dilatation.

Instruments de précision divers. — La plupart des instruments destinés au nivellement ou à la mesure des angles ont été faits jusqu'ici en bronze ou en maillechort, les graduations étant généralement pratiquées sur des cercles d'argent incrustés dans la masse du support. Or on a reconnu depuis longtemps que les différences de température qui se produisent entre les deux moitiés d'un instrument exposé d'un côté au rayonnement direct du soleil ou simplement à une réverbération, peuvent occasionner des erreurs importantes; il en est de même de l'action directe de l'observateur, lorsque l'organisation des mesures ne l'oblige pas à tourner autour de l'instrument, ou à faire exécuter au cercle servant à la mesure des angles un tour entier dans un temps relativement court. De plus, l'argent, adopté faute de mieux pour les tracés, présente de nombreux défauts, dont les plus évidents sont la facilité avec laquelle il se ternit sous l'action de cer-

taines vapeurs souvent présentes dans l'atmosphère, et son défaut de dureté, qui ne permet ni d'exécuter sur sa surface des traits d'une grande finesse, ni d'espérer les conserver intacts après quelques nettoyages complets au retour de mesures faites en plein air.

Tous ces inconvénients sont évités par l'emploi de l'invar, dont la dureté assure, au surplus, d'excellents frottements pour les axes des tourillons. La seule précaution à prendre sera d'éviter l'action des vapeurs acides, ou l'effet prolongé de l'air salin. Lorsque les instruments seront sans emploi immédiat, on devra avoir soin de passer, sur toutes les surfaces nues, et notamment sur les parties divisées, un chiffon légèrement enduit de vaseline. Grâce à cette précaution, la qualité des instruments se conservera indéfiniment.

La difficulté d'obtenir des pièces coulées en invar a été jusqu'ici un obstacle assez sérieux à son application à la construction d'instruments nombreux; on est obligé, pour obtenir des pièces sans défauts, de les amener par forgeage à leur forme approximative, en partant d'un lingot déjà écrouté, et dont on a fait disparaître toutes les fissures par un nettoyage au ciseau. Ou bien, pour diminuer le fissurage entraînant un écroutage important, on est conduit à ajouter aux coulées des proportions notables de manganèse, qui relèvent le coefficient de dilatation et l'amènent à 3 ou 4 millionièmes. Dans ces conditions, les erreurs dues à la température ne sont pas éliminées, mais elles sont réduites au cinquième environ de ce qu'elles sont dans l'emploi d'instruments en bronze ou en laiton. Les autres avantages énumérés plus haut subsistent, en même temps que celui d'une plus grande rigidité pour

un même poids, ou de la possibilité d'un allégement notable en conservant les mêmes qualités de robustesse, le module d'élasticité de l'invar étant de moitié environ plus élevé que celui du bronze.

La solution consistant à obtenir des pièces moulées par une augmentation de la teneur en manganèse a été adoptée par le Coast and Geodetic Survey, de Washington, qui a construit une série d'instruments sur ce principe[1].

Dans tous les instruments destinés à la mesure des angles, les petites variations d'ensemble que les métaux peuvent éprouver dans le cours du temps sont sans aucune action, à la condition d'être égaux en tout point de l'instrument. La seule objection qui peut être faite à l'invar lorsqu'il s'agit de son emploi pour la construction d'un étalon précis de longue durée tombe donc d'elle-même pour toute la catégorie des instruments dont il vient d'être question.

La même remarque s'applique à l'emploi d'une barre ou d'une tige d'invar comme support d'une paire de microscopes ou de lunettes, dans les comparateurs à microscopes mobiles, dans les cathétomètres, etc. Dans tous ces instruments, on n'exige du support qu'un certain degré de permanence dans un court intervalle de temps, généralement limité à quelques heures au plus. Une seule précaution devra être prise si l'invar dont on se sert n'a pas été amené aux plus faibles dilatations réalisées jusqu'ici. Comme cet alliage est assez mauvais conducteur de la chaleur, il pourra

[1] E.-G. Fischer. Description of precise levels, n°s 7 and 8, Coast and geodetic Survey, 1900 (Report for 1900, Appendix, n° 6).

s'établir, sur les deux faces d'une pièce de grandes dimensions, des différences de température plus fortes que celles que l'on peut observer dans des pièces similaires en fer ou en bronze, et qui peuvent, dans certains cas, diminuer un peu l'avantage de l'emploi de l'invar. Mais si cet inconvénient a pu être évité par une protection convenable ou par une distribution symétrique des sources de chaleur, les avantages de l'invar, comparé aux autres métaux, restent proportionnels aux rapports inverses des dilatations.

Citons enfin, dans le même ordre d'idées, le fait, démontré par M. Maurice Hamy à l'aide de délicates expériences, que les écarts de la température des deux côtés d'une lunette astronomique sont une cause fréquente de flexion latérale, et, par conséquent, de déplacement de l'axe entraînant des erreurs notables dans les mesures de positions. Ces erreurs seraient évitées par l'emploi de tubes en invar, auquel des considérations économiques peuvent seules s'opposer aujourd'hui.

Il est à peine besoin d'insister sur les avantages que présente l'invar pour la construction des pendules à gravitation. M. le professeur Haid, de Stuttgard a réalisé pour la première fois à ma connaissance cette application, dont il a donné connaissance à la Conférence géodésique réunie à Copenhague en août 1903. Le même emploi de l'invar avait déjà été tenté par M. Bigourdan en 1897, mais les expériences avaient été suspendues en attendant qu'une étude particulière de l'action d'un champ magnétique artificiel en un lieu donné eût montré quel pouvait être l'effet du champ magnétique terrestre, variable d'un lieu à un autre, et

dont la composante verticale serait susceptible d'ajouter un faible moment à celui que la pesanteur exerce sur le pendule.

Il resterait à examiner si les mêmes craintes peuvent être émises lorsqu'il s'agit du fléau d'une balance. Comme, dans les pesées précises, on opère toujours par la méthode de la double pesée, immédiate ou déguisée, ou bien par l'échange des charges sur les plateaux, une action dissymétrique du champ magnétique sur le fléau sera sans importance à la condition d'être faible, et de rester invariable dans les diverses opérations constituant la pesée complète. L'emploi d'un fléau en invar sera donc subordonné à la possibilité de remplir ces conditions, c'est-à-dire d'installer la balance assez loin d'une source de champ magnétique intense ou variable.

La question du magnétisme du fléau est bien différente de celle du magnétisme des étalons de masse. Ceux-ci, en effet, sont échangés sur les plateaux, et peuvent être placés en des points où le champ magnétique diffère notablement. Il suffit, pour cela, que le support fixe de la balance contienne des pièces de fer susceptibles de concentrer les lignes de force du magnétisme terrestre. L'emploi d'étalons faits en un métal magnétique est donc subordonné à la condition qu'aucune différence appréciable dans le champ magnétique n'existe entre tous les points où ces étalons pourront être placés. Il n'en est pas de même pour le fléau, qui occupe une position fixe, et pour lequel la variation dans le cours du temps des actions magnétiques sera seule à considérer.

Transmissions indéréglables. — Il est des cas nom-

breux dans lesquels la transmission d'un effort s'opère à de grandes distances par le moyen d'un fil métallique. Un exemple important est celui de la commande des signaux avancés des grandes gares, que l'on manœuvre d'un poste central, et qui ouvrent ou ferment les voies d'accès. Ces transmissions sont faites souvent à un ou deux kilomètres du poste, et, si la liaison est obtenue par un fil de fer ou d'acier, les variations de longueur de la ligne atteignent facilement plusieurs décimètres dans le cours d'une journée, et restent peu inférieures à un mètre dans les extrêmes annuels de la température. Il en résulte presque forcément un fonctionnement défectueux des appareils, c'est-à-dire un déclanchement inopportun des signaux dans le cas d'une contraction considérable du fil, ou l'impossibilité de les faire manœuvrer lorsqu'il est trop fortement détendu.

On obvie partiellement à ces inconvénients en plaçant, sur le trajet du fil, un système compensateur qui atténue l'effet de ses variations de longueur. Mais il en résulte une complication appréciable des installations, auxquelles souvent des conditions d'encombrement s'opposent absolument.

Il est à peine besoin d'insister sur les avantages que présente, dans ce cas, l'emploi du fil d'invar; il suffira de rappeler que les propriétés mécaniques de cet alliage sont plus que suffisantes pour lui permettre de supporter, sans qu'on ait besoin de recourir à des sections exagérées, les efforts qu'il aura à subir et à transmettre. Sa résistance à l'oxydation le rendra durable, en même temps que son absence complète de fragilité permettra de faire dans les meilleures conditions les

raccords et les attaches à la commande ou au signal[1].

Thermomètres bimétalliques. — Il est certain que l'usage du thermomètre à lame bimétallique serait plus répandu si, dans les combinaisons employées jusqu'à ces derniers temps, on ne s'était trouvé constamment aux prises avec l'un ou l'autre des défauts qui leur ont semblé inhérents : le manque de sensibilité ou une grande instabilité. Le premier de ces défauts est commun à toutes les combinaisons dans lesquelles la lame indicatrice est constituée par deux métaux ou alliages dont la dilatation ne diffère pas suffisamment ; tel est le cas de l'acier et du laiton. Le manque de stabilité peut être dû au fait que l'un des métaux composant la lame se déforme spontanément par un travail interne, ou possède une limite élastique assez basse pour que, en se courbant dans un sens ou dans l'autre, la lame atteigne la région des déformations permanentes. Dans le premier cas, le zéro se déplacera constamment ; dans le second, l'instrument sera faussé après toute excursion de grande amplitude. La combinaison acier-zinc présente ce double défaut, avec cette circonstance aggravante que la facile oxydation du zinc modifie peu à peu l'épaisseur de la partie active de la lame.

On a cherché, dans ces derniers temps, à substituer

[1] Voir, à ce sujet, l'ouvrage de M. L. Dumas, déjà cité : *Recherches sur les aciers au nickel à hautes teneurs.* D'après les essais effectués à Imphy sur les indications de M. Dumas, l'invar est, de tous les métaux ou alliages examinés jusqu'ici, celui qui offre la plus grande résistance au choc de rupture par la méthode de M. Frémont; il est donc particulièrement propre à supporter des efforts brutaux.

au zinc un alliage zinc-argent, presque aussi dilatable, semble-t-il, et beaucoup moins oxydable. Mais il est connu que cet alliage peut exister sous deux variétés allotropiques, ce qui fait mal augurer de sa stabilité.

Une lame bimétallique invar-laiton allie la sensibilité de la lame acier-zinc à la stabilité relative de la combinaison acier-laiton. En effet, la différence de la dilatation du zinc et de l'acier est de 18 millioniėmes environ; pour l'invar de bonne qualité et le laiton, la différence est voisine de 17, et peut dépasser cette valeur. Mais ce n'est pas la plus sensible des combinaisons qu'il soit possible de réaliser dans de bonnes conditions. Certains aciers au nickel, de la catégorie non magnétique, possèdent une dilatation supérieure à 18 et même à 19 millioniėmes. Associés à l'invar, ils donnent la même différence que la combinaison zinc-acier. Mais le module d'élasticité moyen de ces deux aciers au nickel est supérieur au module moyen de l'acier et du zinc; on peut donc, pour une lame de même rigidité, s'arrêter à une épaisseur moindre, ce qui augmente à la fois les déformations sous l'action des variations de la température et la rapidité de la mise en équilibre avec l'espace ambiant.

Conformément aux résultats établis par Villarceau, le maximum de sensibilité sera obtenu, dans l'association de l'invar au laiton ou à l'alliage NC4 dont il a déjà été question (p. 277), lorsque les épaisseurs relatives seront entre elles dans les rapports suivants :

$$\frac{e_1}{e_2} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} = \sqrt{\frac{19,7}{15,0}} = 1,15.$$

Des conditions de facilité de travail pourront seules

faire préférer le laiton à l'alliage NC4, que l'on ne fixe d'une façon parfaite à l'invar qu'en se servant d'une soudure au cuivre. Si cette soudure possède une épaisseur appréciable, on devra en tenir compte dans le calcul des éléments de la bilame.

Dans tous les cas, la lame une fois achevée devra être soumise à un étuvage très complet pour éviter les déformations qui peuvent se produire spontanément dans le cours du temps.

Si l'on préfère une grande stabilité à une sensibilité maxima, on pourra associer le laiton à un alliage contenant environ 42 °/₀ de nickel; la sensibilité sera encore de moitié environ plus élevée que celle de la combinaison acier-laiton, et la permanence avec le temps, prouvée par la conservation des marches d'un grand nombre de chronomètres dans les balanciers desquels cette association est approximativement réalisée, ne laissera plus rien à désirer, étant donné ce que l'on peut raisonnablement exiger d'un thermomètre bimétallique.

Des thermomètres utilisant l'une ou l'autre des combinaisons énumérées ci-dessus, ont été employés avec avantage dans les mesures faites dans ces dernières années au moyen des ballons-sondes, notamment par M. Assmann à Berlin. M. Hergesell, à Strasbourg, a employé, au contraire, dans un but analogue, un appareil constitué par l'association d'un support d'invar et d'un tube mince de maillechort, dont on enregistre la différence prise comme indice de la température à mesurer[1].

[1] *Protokoll über die 3te Versammlung d. Internat. Komm. für wissenschaftliche Luftschiffahrt*, p. 151; Berlin 1902.

La courbe complète de la dilatation de l'invar, dont la forme générale a été donnée précédemment, montre que des thermomètres bi-métalliques dans lesquels ces alliages sont utilisés traversent une région de sensibilité maxima, couvrant un espace de 200 degrés environ, en dehors de laquelle la sensibilité diminue dans les deux sens. On devra donc choisir l'alliage de manière à obtenir les meilleurs résultats dans la région que l'on se propose d'explorer; et, si cette région est élevée, on aura recours à des alliages d'une teneur en nickel plus forte que celle de l'invar proprement dit. Un alliage à 40 °/₀, par exemple, donnera une sensibilité croissante au moins jusque vers 250°. De telles bilames sont particulièrement utiles pour la commande du chauffage dans des étuves automatiques.

Si l'on veut au contraire obtenir une grande sensibilité aux températures basses, on abaissera la teneur en nickel jusque vers 30 °/₀, en ayant soin de maintenir le carbone au-dessus de 5 millièmes, pour empêcher la transformation irréversible.

CHAPITRE XIII

APPLICATIONS DES ALLIAGES A DILATATION DÉTERMINÉE.

Une dilatation très faible n'est pas toujours un avantage. Il est de nombreux objets usuels dans lesquels intervient nécessairement un élément constitué par une matière donnée, dont le remplacement par une autre est actuellement impossible, et qui, se trouvant associée à d'autres matières, impose à celles-ci certaines conditions de dilatation sans lesquelles l'objet est défec-

tueux. Tels sont les instruments composés d'une pièce de verre enchassée dans du métal, ou renfermant un élément métallique. Dans tous ces objets, l'emploi des aciers au nickel possédant la dilatation du verre peut rendre d'importants services.

Encastrement des objectifs. — Dans un grand nombre d'instruments de précision, le problème se pose sous la forme relativement simple de l'encastrement d'une pièce de verre dans une monture de métal, qui doit exercer sur elle un effort constant de manière à éviter toute déformation irrégulière. Les objectifs des lunettes en constituent l'exemple le plus fréquent.

On sait que les inconvénients dus aux différences de dilatation d'un objectif et de sa monture peuvent être graves. Si la monture est ajustée de manière à enserrer convenablement l'objectf aux températures moyennes, il le déforme aux températures basses, et le laisse s'excentrer aux températures élevées. Cet inconvénient est considéré comme assez sérieux pour que l'on ait adopté, dans bien des cas, des montures à compensation[1], dans lesquelles un cercle de fer est muni, en quelques points de sa périphérie, de cales de zinc, avançant fortement vers le centre et appuyant l'objectif en un certain nombre d'endroits.

Un tel dispositif peut faire craindre, surtout si l'objectif est de grandes dimensions et d'un poids considérable, qu'il ne soit pas suffisamment soutenu et demeure susceptible de se déformer. De plus, pour assurer une compensation convenable, il est nécessaire de donner

[1] R. Steinheil. Ueber eine neue Art von Objectivfassung (*Zeits. für Instrkd.*, t. XIV, p. 170, 1894).

à l'anneau de fer des dimensions sensiblement plus grandes que celles de l'objectif qu'il supporte, ce qui en augmente considérablement le poids et l'encombrement, en même temps que le raccord au tube de la lunette devient plus difficile à faire.

Il est évident qu'un anneau fait avec un alliage d'une teneur comprise entre 42 et 48 °/₀ de nickel environ, suivant le verre de l'objectif, résoudra parfaitement le problème. Et, si l'objectif est formé de deux verres de dilatations sensiblement différentes, on aura la ressource de constituer l'anneau par un alliage d'une dilatation intermédiaire, et d'enserrer les deux lentilles dans des cales dont les dilatations sont respectivement plus fortes et plus faibles que celles de l'anneau. L'échelle étendue de dilatations que l'on possède aujourd'hui permettra de donner à ces cales des dimensions très réduites.

Soient r le rayon commun des lentilles, α_1, α_2 leurs coefficients de dilatation, β_1, β_2 les coefficients de dilatation des cales d'épaisseur x. Les cales devront être faites de métaux tels que leur épaisseur soit aussi faible que possible; on ajoutera donc à la lentille la plus dilatable des cales d'un métal à faible dilatation et inversement.

La dilatation de chacun des systèmes formé d'une lentille et de ses cales sera la même si

$$r\alpha_1 + x\beta_1 = r\alpha_2 + x\beta_2$$

d'où

$$x = r\,\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\beta_1 - \beta_2}$$

Soit γ la dilatation que devra posséder l'anneau pour exercer sur les cales un effort constant.

On devra avoir

$$r\alpha_1 + x\beta_1 = (r + x)\,\gamma;$$

d'où l'on tire

$$\gamma = \frac{\alpha_1\beta_2 - \alpha_2\beta_1}{\beta_2 - \beta_1 + \alpha_1 - \alpha_2},$$

Supposons que les dilatabilités des lentilles soient respectivement égales à 7 et 8 millioniêmes par degré, et proposons-nous d'employer des cales d'invar et de zinc dont les dilatatabilités sont respectivement égales à 1 et 29 millioniêmes. Les formules ci-dessus donnent :

$$x = 0,0357\ r, \qquad \gamma = 7,80.10^{-6}.$$

Dans l'emploi d'un anneau de dilatabilité prescrite d'avance, on déterminera x, connaissant γ, par la relation :

$$x = r\,\frac{\gamma - \alpha_1}{\beta_1 - \gamma}.$$

Si l'anneau est en fer, $\gamma = 11,5$, et, dans l'exemple précédent, on aura, pour les deux lentilles maintenues en place par des cales de zinc :

$$x = 0,262 \quad \text{et} \quad x = 0,202$$

Ainsi, tandis que si la dilatation de l'anneau peut être fixée à volonté, dans l'exemple choisi, son diamètre intérieur uniforme ne dépasse que de 36 millièmes celui des lentilles, ce diamètre sera augmenté de 262 millièmes pour la lentille la moins dilatable, si l'anneau est en fer. En général, cet anneau devra se composer de deux parties séparées par un ressaut, à moins que l'on préfère employer des cales composées de métaux différents superposés dans le sens radial.

Les avantages d'une monture en acier-nickel pour

des lentilles simples ou composées ressortent avec évidence des exemples traités ci-dessus, et l'on peut penser que de telles montures rendront à l'avenir d'importants services. Jusqu'ici, elles se sont peu répandues cependant, en raison des difficultés, déjà signalées à propos de l'invar, que l'on rencontre dans la confection de pièces coulées très approchées de la forme des pièces achevées. L'écroutage des lingots d'acier-nickel oblige généralement à enlever à la raboteuse ou au tour une couche superficielle assez épaisse, craquelée et interrompue par des veines d'oxyde ; il en résulte à la fois une perte de matière notable et une main-d'œuvre coûteuse, devant laquelle la plupart des constructeurs ont reculé. La recherche d'une dilatation très faible n'étant plus un objectif nécessaire, on peut espérer que des essais systématiquement conduits amèneront bientôt à faire des pièces brutes de coulage voisines de leur forme définitive ; la question de l'encastrement des objectifs astronomiques aura fait alors un grand pas.

Niveaux. — La nécessité d'un serrage constant existe pour les fioles des niveaux sensibles au même degré que pour les objectifs ; mais, comme il s'agit ici de pièces de faibles dimensions, on a pu appliquer des procédés de fabrication conduisant à des prix de revient très acceptables. Lorsque la consommation deviendra suffisante, on pourra, sans trop de difficulté, avoir recours à l'étirage des tubes destinés à recevoir les fioles, et pour l'ajustage desquels on se bornera à un faible rodage intérieur. Mais, jusqu'ici, on s'est borné au forage direct de tiges courtes, qui s'effectue aisément sur un tour robuste, avec un outil tournant lentement.

La Société genevoise a déjà monté, dans ces condi-

tions, un certain nombre de niveaux destinés à des appareils de géodésie[1].

Quartz fondu. — Le quartz amené à l'état amorphe par fusion au chalumeau oxhydrique, possède un coefficient de dilatation extrêmement faible[2], inférieur à celui de tous les métaux ou alliages, à l'exception de l'invar de très bonne qualité, qui devient donc le support tout indiqué des pièces de quartz amorphe.

On se souviendra, toutefois, que la région des très faibles dilatations de l'invar ne dépasse guère 150° ou 200°, et on ne comptera pas sur la possibilité de l'employer avantageusement à des températures sensiblement plus élevées. On n'essaiera pas, en particulier, de fixer du quartz fondu à l'état liquide ou pâteux sur un support en invar, ou à insérer un fil de cet alliage dans les parois d'une ampoule de quartz. D'ailleurs, à la température où la silice présente les premiers signes de plasticité, les aciers-nickels sont si près de leur point de fusion qu'ils cessent absolument d'être maniables.

On connaît l'ingénieux appareil imaginé par MM. R. Threlfall et J.-A. Pollock[3] pour déterminer les valeurs relatives de la pesanteur en divers lieux, et consistant en un levier supporté par un fil de quartz tendu horizontalement, et faisant équilibre au moment du levier actionné par la pesanteur. L'une des difficultés d'emploi de cet appareil, dans le premier modèle qui en a

[1] J.-R. Benoît et Ch.-Éd. Guillaume. Nouveaux appareils, etc.

[2] D'après M. P. Chappuis $(385 + 1{,}15\,\theta)\,10^{-9}$.
» K. Scheel $(322 + 1{,}52\,\theta)\,10^{-9}$.

[3] On a quartz thread gravity balance (*Phil. Trans. Lond.*, t. XCCIII, p. 215, 1899).

été construit par les habiles physiciens alors à Sydney, consistait dans la variation de tension du fil avec la température, due aux différences des dilatabilités du filament et de son support. Dans un nouveau modèle, construit par la Cambridge Scientific Instruments Company, sur les plans établis par M. Threlfall à la suite d'une correspondance que nous avons échangée à ce sujet, l'appareil entier est fait en invar, ce qui lui confère une évidente supériorité sur le modèle primitif.

Soudure étanche d'un métal dans du verre ou du cristal. — Un grand nombre d'appareils : lampes à incandescence, tubes de Crookes ou de Hittorf, lampes à mercure, etc., exigent qu'un fil métallique, traversant les parois de manière à conduire le courant de l'extérieur à l'intérieur, forme avec le verre un joint étanche, permettant de conserver à l'intérieur de l'ampoule un vide élevé. Jusqu'à ces derniers temps, le platine avait seul permis d'obtenir ce résultat d'une façon pratique, et c'est même en partie en raison de cette propriété particulière, et à la consommation considérable qui est faite journellement de ce métal dans la confection des lampes à incandescence que l'on doit la hausse graduelle qu'il a subie depuis une vingtaine d'années, et qui le rend onéreux dans les multiples applications dans lesquelles il est devenu indispensable.

La question de l'emploi du platine dans les lampes à incandescence a pris de l'importance à mesure de l'élévation du prix de ce métal, et de l'abaissement graduel du prix des lampes, qui est actuellement inférieur au dixième de ce qu'il était au moment de leur première apparition dans des conditions vraiment industrielles.

C'est pour cette raison que les inventeurs se sont ingéniés d'une part, mais sans succès, à substituer au platine un métal moins coûteux pour la traversée entière de l'épaisseur du verre, et d'autre part, avec plus de fruit, à réduire à ses plus extrêmes limites la dépense du précieux métal. Aujourd'hui, dans les fabriques restées attachées à son emploi, la partie du conducteur qu'il constitue est amenée à un fil de 4 mm environ, dont le diamètre a été abaissé jusqu'à 0,15 mm. Cette parcelle de platine est soudée entre un fil de cuivre et un fil de nickel de plus fort diamètre, et l'ensemble est pris dans le verre de l'ampoule, le fil de platine assurant seul l'étanchéité. Dans ces conditions, on a pu, au prix de grandes difficultés techniques il est vrai, réduire la consommation à 3 ou 4 mg de platine au minimum par lampe des types courants. Mais, comme la fabrication du monde est peu inférieure à deux cent millions de lampes, la fabrication des lampes à incandescence utilise annuellement plus d'une tonne de platine. D'autre part, la récupération est devenue si peu rémunératrice aujourd'hui, qu'il est peu de fabriques qui reprennent les lampes usées pour en extraire le platine qu'elles contiennent. L'éclairage électrique diminue donc annuellement le stock de platine du monde d'une tonne environ, c'est-à-dire de près d'un sixième de la quantité totale que les mines en exploitation sont en mesure de fournir.

Certains aciers au nickel remplissent, comme nous l'avons vu, une condition sans laquelle aucune soudure d'un métal au verre n'est possible, l'égalité de dilatation; mais l'oxydation qu'ils éprouvent à température élevée au contact de l'air semble à première vue ren-

dre cet avantage illusoire, en raison de la fragilité qui en résulte, et de l'impossibilité dans laquelle ils se trouvent alors d'adhérer convenablement au verre.

Cette facile oxydabilité de l'acier-nickel a semblé pendant un temps être un obstacle à son incorporation au verre, en même temps que les gaz qu'il dégage en abondance lorsqu'on le chauffe semblaient devoir interposer toujours une gaîne perméable entre le métal et le verre, de manière à empêcher toute adhérence. Mais c'est précisément l'existence de ces gaz, ramenés, par un traitement convenable du métal à une faible proportion, qui donne la possibilité d'obtenir une soudure parfaite. Si le fil de métal est engagé dans un tube étroit que l'on chauffe par l'extérieur sans dépasser la température strictement nécessaire au ramollissement du verre, les gaz qui se dégagent en très petite quantité sont suffisants pour chasser l'air et empêcher l'oxydation, tout en étant d'un assez faible volume pour être expulsés au moment où le verre vient s'appliquer sur le fil.

La soudure, pour être ainsi faite, demande un certain apprentissage, mais la pratique a montré que la proportion des lampes fuyantes n'était pas plus forte dans l'emploi de l'acier au nickel que dans l'usage du platine par les procédés économiques de ces dernières années.

Un grand nombre de fabriques de lampes ont dès lors renoncé à l'emploi onéreux du platine, auquel l'acier au nickel se substitue de plus en plus. On peut donc espérer que, dans peu d'années, cette source de destruction du platine aura presque totalement disparu, pour le plus grand avantage des recherches scientifiques, auxquelles il pourra dès lors être restitué.

La possibilité de l'emploi des aciers au nickel étant maintenant démontrée pour la fabrication des lampes à incandescence, celle de tous les tubes à vide en découle nécessairement. Leur nombre est, il est vrai, négligeable, comparé à celui des lampes; mais, au lieu d'employer, pour leur construction, le platine en quantités de l'ordre du milligramme, c'est souvent par plusieurs grammes qu'est représentée la masse du platine immobilisé dans un seul tube. Il y a donc là encore la possibilité de réaliser une économie dont les laboratoires universitaires seront les premiers à bénéficier.

La fabrication du verre armé, dans lequel l'adhérence parfaite n'est pas exigée, est encore plus facile. Des essais faits dans cette direction par M. L. Appert, ont été couronnés d'un plein succès. Mais, dans ce cas encore, comme dans d'autres, le prix élevé de l'alliage a opposé un obstacle sinon absolu, au moins momentané à son adoption.

CHAPITRE XIV

Alliages a module d'élasticité invariable.

Sur cette question, je serai forcément bref. L'anomalie élastique des aciers au nickel n'ayant été jusqu'ici l'objet que d'une étude très sommaire, il n'est pas possible de fixer parfaitement les conditions de leur emploi à la construction des instruments dans lesquels la variation du module des métaux usuels produit des pertubations notables. Il est peu probable, d'ailleurs, que les emplois de ces alliages fondés sur cette particularité de n'éprouver qu'une très minime variation de leurs propriétés élastiques atteignent jamais à beaucoup près

l'importance de ceux que leur assure leur anomalie de dilatation. Il est intéressant toutefois d'énumérer rapidement ceux auxquels ils pourront prétendre.

Diapasons. — La variation de la durée d'oscillation est de $^1/_{8000}$ environ par degré pour un diapason d'acier ordinaire. Les variations extrêmes de la température ambiante pourront donc entraîner des changements d'une vibration par seconde dans la fréquence des oscillations du diapason normal, quantité dont une très petite fraction est encore appréciable. L'emploi d'acier au nickel de l'une des deux catégories pour lesquelles la variation du module passe par un minimum ou par un maximum permettra de réduire ces variations dans une proportion très forte.

Les alliages de la catégorie à haute teneur en nickel devront sans doute être préférés aux autres en raison de leur stabilité ; et, comme les pièces une fois forgées pourront rester écrouies, on n'aura pas à craindre les déformations permanentes consécutives aux fortes déformations mécaniques.

Il est bien entendu que, dans la fixation de la teneur qu'il conviendra d'adopter, on devra tenir compte de la dilatation de l'alliage, de manière à réaliser la compensation aussi complète que possible entre tous les facteurs de variation des diapasons. D'ailleurs, les résultats reproduits plus haut ont été obtenus par des procédés trop spéciaux pour qu'on puisse espérer en tirer autre chose qu'un guide pour d'autres recherches à répéter pour chacun des cas où l'on jugera intéressant de diminuer les erreurs dues aux variations du module. La teneur exacte permettant la compensation des diapasons devra donc être déterminée expérimentalement.

Pour le moment, il nous suffira de savoir que le problème admet une solution, que des expériences préliminaires faites par exemple avec des alliages à 28 et 45 °/₀ préciseront immédiatement.

Les variations possibles des diapasons d'acier sont sans grande importance pour leurs applications musicales ; mais il ne faut pas oublier que le diapason est un auxiliaire précieux d'une foule de vélocimètres, dont il constitue l'enregistreur, par le tracé qu'il laisse sur une surface enfumée, ou le régulateur, lorsqu'il laisse passer à chaque oscillation une dent d'une roue qui vient buter contre une de ses branches.

Dans certains chronoscopes, le diapason est remplacé par un simple ressort, qui est soumis aux mêmes variations, et auxquelles il sera soustrait par l'emploi d'un acier au nickel convenablement choisi.

Fils de torsion. — L'élasticité de torsion des aciers au nickel n'a pas encore été l'objet d'une étude systématique ; et, comme toutes les propriétés de ces alliages sortent des lois ordinaires, on n'essaiera pas de déduire les variations de leur coefficient de torsion des résultats obtenus par l'examen des déformations par flexion. Cependant, les changements du module d'Young sont si caractéristiques et si considérables qu'on peut, sans risquer de se tromper, affirmer que le coefficient de torsion traverse une région de variation anormale, terminée à un maximum et à un minimum. Ces deux points sont probablement, pour un alliage donné, au voisinage des températures pour lesquelles on a observé des points analogues du module d'élasticité ; ou aussi aux températures ordinaires, les teneurs de variation nulle sont sans doute peu éloignées de celles pour les-

quelles on observe le renversement du module; mais on ne peut pas affirmer que ces températures ou ces teneurs soient rigoureusement les mêmes, et des recherches ultérieures pourront seules renseigner à ce sujet.

On trouvera certainement sans trop de peine des alliages permettant d'obtenir des fils de torsion dont le moment antagoniste soit indépendant de la température, au moins dans des limites étroites. L'emploi de ces fils permettra d'éviter une cause d'erreur notable dans une foule d'applications des suspensions monofilaires.

L'apparition, dans ces dernières années, d'horloges munies d'un régulateur constitué par un fléau oscillant à l'extrémité d'un fil de torsion donne une importance particulière au problème, en raison à la fois de la précision exigée des horloges et de la grandeur des variations de marche qu'entraîne l'emploi des fils ordinaires. De telles horloges, à moins de comporter un système compensateur compliqué, éprouvent jusqu'ici des variations du même ordre que celles des montres ordinaires à balancier monométallique.

Ressorts divers. — Il est des cas où l'on exige d'un ressort un effort antagoniste très constant, que l'emploi des aciers au nickel permettra de réaliser aisément.

Les baromètres anéroïdes, par exemple, donnent des indications de plus en plus élevées à mesure que la température monte, à moins qu'on n'ait assuré une compensation à la capsule sensible en y laissant une petite quantité d'air dont la force élastique, augmentant lorsque la température monte, ajoute son action à la force antagoniste de la capsule. En l'absence de

toute compensation, l'indication d'un baromètre anéroïde varie de 1 millimètre de mercure, pour une pression donnée au voisinage de la pression atmosphérique normale, lorsque la température de la capsule varie de 4 ou 5 degrés. Or, la compensation, qui doit tenir compte de toutes les constantes de la capsule et qui présente en outre de réelles difficultés techniques, est rarement satisfaisante. On aurait un sérieux avantage à pouvoir la supprimer et à faire franchement le vide dans la capsule plutôt que d'y laisser subsister une pression soigneusement mesurée. Les aciers au nickel des deux catégories précédemment indiquées permettraient de résoudre complètement le problème.

On trouvera aussi un avantage à employer des alliages à variation nulle du module, dans les balances constituées par un ressort très délicat, dont on se sert depuis quelque temps pour peser de petites quantités de matière, et qui semblent donner une assez grande précision. La nécessité d'appliquer aux pesées une correction d'un ordre égal à $^1/_{3000}$ environ du moment statique total du ressort et du poids qu'il supporte pour chaque degré dont la température varie, limite sensiblement l'exactitude des résultats dont la méthode est susceptible. L'emploi correct d'un acier au nickel pour le ressort de cette nouvelle balance réduirait au-dessous des autres erreurs qu'elle comporte celui de ses défauts qui semblent aujourd'hui le plus important.

Les rapides indications qui précèdent sont loin d'avoir épuisé le sujet; mais il serait fastidieux d'énumérer en détail tous les appareils auxquels les aciers au nickel peuvent apporter un élément nouveau de

perfection, soit en augmentant la précision des instruments actuels, soit en permettant de simplifier leur construction. En abordant d'autres problèmes, nous rencontrerions sans aucun doute, sous des formes un peu différentes, les erreurs ou les complications dont nous avons appris à débarrasser les appareils auxquels nous nous sommes arrêtés ; les solutions seront peu différentes, et généralement faciles à imaginer ; la description minutieuse des propriétés des aciers au nickel donnée au début de ce mémoire ou dans celui que j'ai publié autrefois sur ce sujet en contient tous les éléments.

L'INSOLATION EN SUISSE

IIme PARTIE

MESURES ACTINOMÉTRIQUES

PAR

Henri DUFOUR et C. BUHRER

(*Suite et fin*[1].)

Le climat solaire d'une région est fixé par deux facteurs; la durée de l'insolation et son intensité. A côté des mesures héliographiques, qui donnent la distribution annuelle des heures de soleil, il faut des mesures calorimétriques pour déterminer la quantité de chaleur reçue à chaque instant par le sol. Malheureusement les mesures faites avec les pyrhéliomètres ne peuvent être qu'intermittentes et peu nombreuses vu leur longueur et les précautions expérimentales qui doivent les accompagner; c'est pour cela que ces mesures ont été faites jusqu'ici surtout pour déterminer l'absorption que l'atmosphère exerce sur les radiations que le soleil envoie et pour fixer ce qu'on est convenu d'appeler la constante solaire.

A côté de ces observations faites avec des appareils

[1] Voir Archives, octobre 1903, p. 417.

absolus, on peut en faire de plus fréquentes, parce qu'elles sont plus faciles, avec des actinomètres étalonnés par comparaison avec les pyrhéliomètres. Ces mesures actinométriques se multiplient depuis quelques années car elles sont suffisantes pour fixer, assez exatement, la climatologie solaire d'un pays, ce sont les résultats de sept années d'observations semblables, faites à *Lausanne* et à *Clarens*, que nous croyons utile de résumer brièvement ici comme complément des mesures héliographiques dont nous avons indiqué les résultats[1].

Les appareils utilisés par nous depuis 1896 à Clarens et à Lausanne sont des actinomètres de M. Crova du type employé par ce savant dans ses nombreuses mesures sur le rayonnement solaire faites à Montpellier en particulier. L'un des appareils, celui de Clarens a été construit par M. *Ducretet* sur le modèle de ceux fournis à M. Crova et étalonné par lui en le comparant avec son pyrhéliomètre absolu ; le second a été fait par la *Société genevoise pour la construction d'instruments de physique* et employé à plusieurs reprises avec le premier à des expériences simultanées, soit en mesurant au même moment, et dans le même lieu, l'intensité du rayonnement solaire, soit en mesurant simultanément les radiations émises par des sources artificielles de chaleur. Les thermomètres, à alcool et index de mercure, des deux instruments venaient de la même maison, Alvergniat à Paris, ils étaient platinés et cuivrés identiquement et recouverts de temps à autre d'une couche mate de noir de fumée. Nous ne décrivons pas

[1] *Archives*, octobre 1903, t. XVI, p. 417.

cet appareil très connu, le lecteur trouvera tous les renseignements nécessaires dans les mémoires publiés par M. Crova sur son actinomètre et son emploi[1].

Les observations elles-mêmes étaient faites suivant le schéma indiqué par M. Crova; c'est-à-dire que l'appareil étant à peu près en équilibre thermique avec le milieu ambiant, on observe pendant cinq minutes la marche de l'index de mercure préalablement introduit dans la colonne continue d'alcool de l'instrument. Pendant la minute 0 à 1, l'appareil orienté est fermé, de sorte qu'il ne subit que la variation thermique ambiante; de 1 m. à 2 m. et de 2 m. à 3 m. l'appareil reçoit le rayonnement solaire, enfin de 3 m. à 4 m. et de 4 m. à 5 m., il est de nouveau fermé. On utilise pour le calcul les déplacements de l'index observés pendant les temps 0 à 1, 2 à 3, et 4 à 5 ce qui élimine les observations faites pendant les minutes de passage d'un régime à l'autre; si on désigne par D le déplacement de l'index pendant la minute 2 à 3 au soleil, par d_1 et d_2 les déplacements observés pendant les minutes 0-1 et 4-5 à l'ombre, on a pour la variation vraie de l'index :

$$D \pm \frac{d_1 + d_2}{2}$$

D'aprés l'étalonage de nos deux instruments leurs constantes étaient pour l'appareil de Ducretet, employé à Clarens, $24^{div.}$,56 pour une calorie gramme degré; pour celui de la Société genevoise, employé à Lausanne, $22^{div.}$,74 pour une calorie.

Ce mode d'observation a été critiqué par M. Chwol-

[1] *Annales de chimie et physique,* 5me série, 1877, t. XI, p. 433, et 1880, t. XIX, p. 167.

son[1] qui préfère les lectures faites suivant la méthode indiquée par Pouillet, c'est-à-dire sans élimination des observations de passage d'un régime à l'autre, mais qui exige trois lectures de 5 minutes chacune soit 15 minutes pour une seule observation ; la nécessité de faire de nombreuses mesures et de la manière la plus prompte et le plus simple possible nous a décidé à conserver pour toutes les observations le procédé employé par M. Crova, il est très pratique et suffisamment exact pour des mesures dont l'intérêt principal tient à leur continuité, à l'identité d'état de conservation des instruments, et à ce que tous les lectures ont été faites par les mêmes observateurs.

Ces détails donnés voici les résultats obtenus :

La radiation solaire caractéristique d'une journée est celle qui est observée entre 11 h. et 1 h., c'est-à-dire lorsque sa valeur est maximum et qu'elle subit la plus faible variation possible ; c'est pour cela que pendant sept ans nous avons fait des mesures aussi souvent que possible entre 11 h. 30 et 1 h. 30, heure de l'Europe centrale, les jours de très beaux temps. Les résultats obtenus à Lausanne et à Clarens pour chaque mois ont servi ensemble à former les moyennes mensuelles. Le tableau suivant donne les valeurs moyennes des divers mois pendant les années 1896 à 1902 et la moyenne générale de ces sept années; les chiffres expriment la quantité de chaleur en calorie gr. degré reçue par minute par un centimètre carré de surface noire exposée normalement au rayons du soleil ; en les multipliant par 10 on a la quantité de chaleur reçue en grandes

[1] *Rep. de Meteorol.* 1892, t. XV, 1.

calories (kg. degré) par un *mètre* carré de sol. Ces chiffres sont des maxima puisqu'ils correspondent pour chaque jour à l'épaisseur atmosphérique minimum.

On voit que l'insolation présente deux maxima, le premier le plus important en *avril*, le second en *août*. L'époque du premier maximum varie moins que celle du second, le premier oscille entre mars et avril, le second en sept ans a varié de juillet à octobre, il arrive même une fois en juin.

Un fait régulier est l'affaiblissement constant de l'insolation en mai, ce fait coïncide avec celui de la diminution, que nous avons signalée déjà, du nombre des heures de soleil pendant ce mois.

Intensité moyenne du rayonnement solaire en c., gr., degré, minute entre 11 h. et 1 h. de 1896 à 1902

Mois	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	Moyenne	1903
J.	0.79	0.82	0.76	0.79	0.79	0.84	0.76	0.79	0.68
F.	0.79	0.88	0.87	0.87	0.82	0.85	0.86	0.85	0.72
M.	**0.89**	0.92	0.87	0.89	**0.90**	**0.95**	0.89	0.90	0.73
A.	0.88	**0.96**	**0.94**	**0.93**	0.87	0.87	**0.90**	**0.91**	0.79
M.	0.87	0.89	0.89	0.92	0.78	0.88	0.81	0.86	0.79
J.	0.85	0.85	0.90	0.81	0.82	0.82	**0.89**	0.85	0.77
J.	0.85	0.86	**0.92**	0.81	0.87	0.84	0.88	0.86	0.80
A.	0.87	**0.94**	0.86	0.84	**0.91**	**0.90**	0.87	**0.88**	0.81
S.	0.87	0.91	0.84	0.85	0.84	0.89	0.83	0.86	
O.	**0.89**	0.84	0.83	**0.89**	0.88	—	0.84	0.86	—
N.	0.88	0.78	0.76	0.83	0.82	—	0.85	0.82	—
D.	0.80	0.79	0.82	—	0.72	0.75	0.64	0.75	—
Ann.	0.85	0.87	0.86	0.85	0.84	0.86	0.84	0.85	

En faisant les différences des valeurs des divers mois on constate le rapide accroissement de l'intensité du rayonnement solaire de décembre à janvier + 0.04 et surtout de janvier à février + 0.06, fait qui cadre également avec le rapide accroissement des heures de

soleil de janvier à février; le décroissement de l'insolation est très fort, relativement, d'avril à mai — 0.05, en revanche la quantité moyenne de chaleur reçue reste sensiblement constante au milieu du jour pendant les belles journées de septembre et d'octobre, l'accroissement de l'épaisseur atmosphérique qui passe de 1.56 à 2.00 du 30 septembre au 30 octobre, calculé par la formule $e = \sec z$ ($z =$ distance zénithale), est compensé par un accroissement de la transparence de l'air Enfin de novembre à décembre la chute de l'insolation est très prononcée — 0.07 si on prend pour valeur moyenne de décembre celle de la série 1897-1902; elle est de — 0.05 seulement si on ne tient compte que des années 1897-1901, qui sont au nombre de cinq seulement puisqu'il n'y a pas d'observation en 1899. On ne peut en conclure légitimement à un accroissement intense de l'absorption atmosphérique; le nombre des observations en décembre était faible et l'année 1902 présentant dans ce mois un chiffre exceptionnellement bas.

Le fait général que ces moyennes permettent de constater est que le maximum de transparence de l'air a lieu à la fin de l'hiver et au premier printemps après la longue période sans végétation qui s'étend de novembre à mars; les chutes de pluie et de neige en hiver, dépouillent peu à peu l'atmosphère des germes et des poussières qui se forment et s'élèvent en été, en même temps l'abaissement prolongé de la température diminue la teneur absolue de l'air en vapeur d'eau; l'accroissement rapide de la végétation et de la température en avril détermine l'augmentation également rapide de la quantité de germes de poussières et

de vapeur d'eau dans l'air et l'élévation de ces agents opaques à des hauteurs de plus en plus grandes ; c'est ce qui explique le fort pouvoir absorbant de l'air en mai. Des faits tout semblables ont été constatés à Montpellier par M. Crova.

A côté des valeurs moyennes il est intéressant de relever les valeurs extrêmes de l'insolation et les conditions dans lesquelles elles se produisent. Ces valeurs élevées sont très rares, comme les très beaux jours.

En 1896 le chiffre de $0^{cal}.94$ a été atteint le 11 mai par un temps, superbe dès le matin, et très calme, la polarisation atmosphérique mesurée au photopolarimètre de Cornu était de 0.649 ; en 1897, le 7 avril, à Clarens, on observe une insolation de $1^{cal}.03$ par minute ; le 14 avril 1898, à Lausanne, l'insolation est de $0^{cal}.92$ de 11 h. 40 à 12 h. 45 ; le 16 juillet de la même année on note $1^{cal}.12$. Après une abondante chute de neige, en février, on observe $0^{cal}.90$. En 1899 les maxima notés sont : 0.93 en février, 1.01 en mars, 0.95 en avril, 0.96 en mai, 1.1 en octobre.

En 1900 on note 1.09 le 1er août et 0.93 le 13 août. En 1902, en juin, 0.92 le 22, c'est-à-dire au moment du minimum d'épaisseur de la couche atmosphérique, ce chiffre relativement élevé est observé par une belle journée succédant à une journée de forte pluie, le 24 juin on observe même 0.95.

Ces hautes valeurs s'observent ordinairement par un ciel d'un bleu intense, elles se présentent parfois après la pluie, en général la quantité de lumière polarisée à 90° du soleil dans le plan vertical et en même temps élevée.

Les valeurs actinométriques notées à la montagne

sont comme ont peut s'y attendre plus élevées. On a mesuré par exemple aux Rochers de Naye à 2000 mètres d'altitude $1^{cal}.07$ en septembre et $1^{cal}.14$ en juillet au moment où Clarens enregistrait $0^{cal}.84$ ce qui représente une absorption relativement élevée de $0^{cal}.30$ produite par une couche d'air comprise entre 400 m. et 2000 m. Le 21 janvier 1898 des observations simultanées ont donnés : $1^{cal}.26$ à Naye et $0^{cal}.90$ à Clarens la chaleur absorbée s'élève dans ce cas à $0^{cal}.36$. Ainsi à l'altitude de 4 à 500 mètres, qui est celle de Clarens et Lausanne la valeur maximum de l'insolation dépasse rarement $0^{cal}.92$, elle atteint tout à fait exceptionnellement $1^{cal}.0$ à 1.1.

L'absence d'appareils enregistreurs ne nous a pas permis de fixer, par l'étude d'un nombre suffisant de courbes, la variation diurne ; les observations faites par les très belles journées, qui sont très rares, montrent que de 10 h. à 3 h. en été la variation est ordinairement faible, elle a oscillé par exemple par une journée exceptionnellement pure de juillet de $0^{cal}.86$ à 10 h., à 0.89 à 12 h. et à 0.82 à 3 h. 50. Dans une belle journée de mai à un maximum de 0.94 à 12 h., ont succédé les valeurs 0.80 à 2 h., 0.78 à 3 h. 30, 0.74 à 4 h. 45; 0.62 à 5 h. 45 ; et 0.52 à 6 h.25. Une très belle journée d'avril a donné 0.71 à 7 h. 30 ; 0.84 à 8 h. 30; 0.85 à 9 h. 50 ; 0.86 à 11 h. ; 0.86 à midi; 0.99 à 1 h. ; 0.96 à 2 h. ; 0.94 à 3 h. ; 0.92 à 4 h. ; 0.59 à 5 h. 10 ; ce jour-là il y a eu un accroissement brusque de la transparence entre midi et 1 heure.

En prenant pour valeur moyenne de l'insolation de la journée $0^{cal}.6$ par c^2 et par minute cela fait 360 grandes calories par mètre carré et par heure, le nom-

bre moyen des heures de soleil étant à Lausanne de 1900, on arrive à une quantité de chaleur annuellement reçue par mètre carré de 684000 calories équivalent à un travail de 292.568.000 kilogrammètres qui exécuté par des machines travaillant 10 heures par jour pendant 300 jours correspond à une puissance de 27 kilogrammètres par seconde soit 0 cheval 36; cette valeur subirait une forte diminution si elle devait être réalisée par une machine thermique et montre le peu d'utilité pratique d'une transformation directe de la chaleur solaire en travail mécanique dans nos contrées.

A côté des observations actinométriques nous avons fait souvent des mesures simultanées de la quantité de lumière polarisée du bleu de ciel à 90° du soleil dans le plan vertical passant par le soleil, l'observateur et le point visé. L'appareil employé étant l'excellent photopolarimètre de M. Cornu.

Nous n'avons pas trouvé une relation simple entre l'intensité de la polarisation et celle du rayonnement solaire, on constate d'une manière générale que les jours de forte insolation qui sont aussi ceux d'une grande transparence de l'air, la valeur de la polarisation est élevée. Les courbes des valeurs actinométriques et celles de la quantité de lumière polarisée tracées pour divers jours et diverses époques ont la même allure et marchent parfois parallèlement; mais ce fait ne se vérifie que pour les observations du milieu du jour.

Les valeurs les plus élevées que nous ayons mesurées pour la quantité de lumière polarisée ont été à Lausanne 0.649 en mai, insolation $0^{cal}.94$ à midi; le même jour à 5 h. 30 du soir 0.602 correspondant à

une insolation de $0^{cal}.62$. Le 19 mai à 8 h. du matin la polarisation est 0.682, elle s'abaisse à 0.588 à 2 h. En juillet à 2 h. 45 polarisation 0.707, actinomètre $0^{cal}.81$; à 4 h. 50 la polarisation s'élève à 0.725.

En plaine des valeurs de 0.700 à 0.710 sont rares au milieu du jour, elles sont ordinairement accompagnées d'une intensité exceptionnelle de bleu de ciel, lorsque la valeur de la polarisation augmente rapidement dans la matinée, c'est le plus souvent le signe précurseur d'un mauvais temps prochain.

A la montagne à l'altitude de 2000 mètres par une journée exceptionnellement belle, que nous avons caractérisée dans notre livre d'observations comme étant d'une limpidité exceptionnelle et comme le type d'une journée normale de beau nous avons pu faire la série suivante d'observations parallèles[1] :

Heures	9.45-40	10.20-10.50	11.15	11.50-12	1.30	2.50-3.10	3.30
Calories	0.87	0.95	1.01	0.94	0.89	0.95	0.97
Polarisation	0.786	0.800	0.789	0.757	0.746	0.690	0.743

Le chiffre de 0.800 pour la quantité de lumière polarisée n'a été observé qu'une fois. Les valeurs 0.500 à 0.550 sont les plus fréquentes. Lorsque la valeur de la polarisation tombe au-dessous de 0.500, c'est l'indice certain d'un trouble de l'atmosphère produit ou par des poussières flottant dans l'air après une longue période de sécheresse, ou d'un commencement de condensation de la vapeur d'eau dans les régions où se forment les cirrus.

Nous ne pouvons terminer cette étude sans signaler les faits intéressants qui se sont manifestés depuis le commencement des observations de 1903. Les quelques mesures actinométriques de décembre 1902 indi-

quaient une intensité de radiation très inférieure à la moyenne des années précédentes et même aux valeurs les plus faibles observées précédemment dans ce mois ; le même fait se manifesta en janvier, février et jusqu'au milieu de mars, ce qui nous engagea à signaler cette anomalie à l'attention des observateurs[1] en émettant l'hypothèse, très naturelle, que cette absorption anormale de la radiation solaire pouvait bien être déterminée par la présence dans l'air de poussières très ténues projetées par les éruptions des volcans des Petites Antilles de mai à août 1902. Dès lors les observations actinométriques ont continué à indiquer une intensité de radiation moindre que la moyenne, les écarts entre les valeurs de l'année 1903 et celles de la série des sept années 1897 à 1902 sont donnés dans le tableau suivant :

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.
1897-1902	0.79	0.85	0.90	0.91	0.86	0.85	0.86	0.88
1903	0.68	0.72	0.73	0.79	0.79	0.77	0.80	0.81
Différences	0.11	0.13	0.17	0.12	0.07	0.08	0.06	0.07

Les valeurs des différences vont en diminuant lentement mais elles sont restées constamment dans le même sens ; actuellement elles ne dépassent pas les écarts que l'on constate d'une année à l'autre entre les mêmes mois ; mais le signe est variable dans les années ordinaires, tandis qu'en 1903 les valeurs sont constamment inférieures à la moyenne. On pourrait cependant supposer une erreur constante dans les observations si d'autres phénomènes n'étaient pas venus confirmer l'existence d'une opacité exceptionnelle de l'atmosphère depuis plusieurs mois. Ces faits sont : 1° Les

[1] Sur la diminution de l'intensité du rayonnement solaire. *Comptes-Rendus de l'Acad. des sciences.* Mars 1903.

caractères de l'éclipse de lune du 11-12 avril 1903, tous les observateurs de cette éclipse s'accordent à signaler l'invisibilité presque absolue de la partie éclipsée du disque lunaire, tandis qu'ordinairement la lune a une teinte rougeâtre ou cuivrée [1]; 2° L'apparition du cercle de Bishop, phénomène de diffraction observé dejà le 13 novembre 1902 et vu dès lors plusieurs fois par divers observateurs, son intensité n'est pas si grande qu'en 1883-84, après l'éruption du Krakatoa, mais il a les mêmes caractères et sensiblement les mêmes dimensions; des mesures répétées nous ont donné pour ses dimensions extérieures en août 1903 23 à 24° [2]. 3° La modification de la polarisation atmosphérique normale, les points neutres d'Arago et de Babinet s'écartant du point antisolaire et du soleil « à une distance qui n'a jamais été observée depuis 1886 à 1902 » dit M. Busch, que ses études sur la polarisation atmosphérique mettaient à même de constater mieux que personne cette perturbation [3]. Une modification de la position des points neutres avait été observée également par M. Cornu en 1883-84 pendant qu'on voyait le cercle de Bishop [4]. En outre le même savant signale le fait que la quantité de lumière polarisée à 90° du soleil était moindre que dans les années précédentes. Le même fait est signalé de Valence (Espagne) le 23 février 1903, « la proportion de lumière

[1] *Bull. de la Soc. astronomique de France*, mai 1903 et *Astronomische Nachrichten* n° 3865, Bd. 162, 1.

[2] Prof. Busch in Arnsberg, *Meteorol. Zeitschrift*. 1903. Bd. XX Heft 7. Juli, p. 319.

[3] Beobachtungen über die gegenwärtig vorliegende Störung der Atmosphärischen Polarisation. *Meteor. Zeitschr.* 1900, Bd. XX, Juli, p. 317.

[4] Cornu. *Journal de physique* 1885, p. 55.

polarisée qui est habituellement de 0.50 à 0. 57 est tombée à 0.19 » dit un observateur dont nous n'avons pu retrouver le nom. Nos propres observations ne donnent pas une différence pareille mais elles confirment le fait que la quantité de lumière polarisée par les plus beaux jours n'atteint pas les valeurs élevées que nous avons constatées précédemment. 4° La moindre transparence du ciel qui se manifeste par les observations astronomiques est signalée par M. Max Wolf à Heidelberg[1] et par le Dr-prof. A. Wolfer, directeur de l'Observatoire de Zurich, qui nous écrit à propos des observations de protubérances solaires qu'il fait depuis tant d'années : « Ce qui a frappé cette année c'est le fait qu'il était souvent très difficile, malgré un ciel pur et malgré l'absence complète de cirrus, d'observer le renversement des lignes des protubérances ; on ne pouvait naturellement pas obtenir non plus des images nettes et claires des protubérances. Cela arrive il est vrai à toutes les époques, en particulier lorsque se forment les premières traces des cirrus ou lorsqu'après une longue sécheresse l'atmosphère est remplie de poussières ; mais j'ai le sentiment que cette année les conditions de mauvaise visibilité ont été particulièrement fréquentes sans qu'on puisse en rendre responsables les deux causes ci-dessus. Actuellement (8 août) les conditions sont beaucoup meilleures ».

Enfin les observations de M. A. Gockel ont montré que l'absorption anormale qui s'est manifestée pour les radiations calorifiques (actinométriques) et pour les

[1] Sonder-Abdruck aus V. J. S. der *Astronomischen Gesellschaft* Jahrg. 38, Heft. 2, Heidelberg.

radiations lumineuses (observ. de M. Wolfer) s'est exercée aussi sur les radiations ultraviolettes [1].

Ainsi les procédés les plus divers confirment l'anomalie que les observations actinométriques signalaient dès le mois de décembre; elles nous montrent l'intérêt que présentent ces mesures qui permettent de suivre et de mesurer les variations accidentelles périodiques ou continues de la transparence de notre atmosphère, dont l'importance est si grande pour la fixité du climat de notre planète. On sait le rôle important que quelques météorologistes et géologues font jouer aux variations de la transparence de l'atmosphère pour expliquer les variations des climats des époques géologiques. M. Svante Arrhénius [2] cherche dans l'abondance plus ou moins grande de l'acide carbonique dans l'atmosphère le facteur principal de l'opacité variable de notre enveloppe gazeuse ; d'après lui un accroissement de la quantité d'acide carbonique aurait pour conséquence aux latitudes élevées un accroissement général de la température, une diminution des deux tiers de l'acide carbonique déterminerait par 55° de latitude nord un abaissement de température de 3° accompagné d'une nouvelle époque glaciaire sur l'Europe centrale. MM. Paul et Fritz Sarasin [3] attribuent l'accroissement de l'opacité de l'atmosphère qui, d'après eux, succéda à la période pliocène et qui se manifesta dans la période pléistocène à l'effet d'éruptions volca-

[1] Atmosphärische Trübung. *Meteor. Zeitschrift*, Bd. XX, 1903, Juli, p. 328.

[2] Svante Arrhénius. Les oscillations séculaires de la température. *Revue générale des sciences*, 15 mai 1899, p. 337.

[3] Ueber die mutmassliche Ursache der Eiszeit. Verhandl. der *Naturforschenden Gesellschaft in Basel*, Bd. XIII, Heft 3, 1901.

niques abondantes et nombreuses, dont les poussières déterminèrent la condensation de la vapeur d'eau et produisirent un trouble semblable, mais plus intense et plus durable, que celui qui s'est manifesté après l'éruption de Krakatoa et qui a duré plus de deux ans. Cette augmentation du pouvoir absorbant de l'atmosphère devait produire un abaissement de température en même temps qu'une augmentation de l'humidité et d'abondantes condensations, conditions indispensables à la formation d'une période glaciaire. Nous ne pouvons discuter ici cette hypothèse, il importe seulement de remarquer qu'une diminution de la transparence de l'air produit deux effets différents suivant qu'elle se manifeste dans des régions aux latitudes élevées, c'est-à-dire ayant un long hiver, ou dans des zones à faible latitude et à longue insolation. L'augmentation d'opacité de l'atmosphère empêche également le rayonnement nocturne et l'insolation diurne et le résultat définitif peut être en hiver un adoucissement du climat, en été un abaissement de la température. En tout cas, le résultat général sera une égalisation du climat. Quel que soit le rôle que l'on attribue à la variation de la transparence de l'atmosphère il paraît indéniable que ce phénomène, en apparence de si peu d'importance, peut avoir des conséquences climatologiques considérables. Par ce fait les mesures actinométriques, et tous les procédés qui nous permettent de suivre les fluctuations de l'opacité plus ou moins grande de notre enveloppe aérienne, ont un grand intérêt et méritent l'attention des observatoires météorologiques.

C'est à ce titre que les résultats précédents peuvent présenter quelque utilité.

Septembre 1903.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1902

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER

Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

I. Introduction.

Avec l'année 1901 un certain nombre de modifications avaient été apportées au mode de publication des tableaux météorologiques mensuels de Genève et du Grand Saint-Bernard. Ces modifications ont été maintenues pour l'année 1902 et nous avons donné en outre une plus grande extension à ces tableaux. Des explications détaillées ont été déjà données à ce propos au début de l'année[1], nous nous bornerons donc ici à en rappeler brièvement le motif.

Tant que les observations se faisaient six ou huit fois par jour au Grand Saint-Bernard comme à Genève, il était impossible de publier *tous* les résultats de ces observations. Mais comme, avec l'année 1902, le nombre des observations diurnes a été réduit définitivement à trois

[1] *Archives* XIII, p. 207.

au Grand Saint-Bernard pour procéder de la même façon que dans toutes les stations météorologiques suisses, il devenait possible de publier ces observations *in extenso*. Cela nous a seulement obligé à répartir chaque mois les chiffres en deux tableaux.

Par symétrie, nous avons adopté aussi ce mode de publication pour Genève, c'est-à-dire que nous avons imprimé en détail les observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, mais les *moyennes* sont restées, comme auparavant, celles des *huit observations diurnes*.

Une amélioration a été introduite en même temps: on imprime en caractères gras les valeurs extrêmes dans les colonnes de chiffres où cela a de l'importance.

Pour le *résumé annuel*, il n'a été apporté que les modifications dues au changement des heures d'observation au Grand Saint-Bernard; elles seront signalées au fur et à mesure.

Tous les tableaux contiennent *treize* mois, de décembre 1901 à décembre 1902, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à *l'année météorologique* et à *l'année civile*. Seul le tableau V fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève n'a été, comme précédemment, établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans les résumés antérieurs. Après quelques indications de portée générale, les différents éléments météorologiques seront passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température*, *pression atmosphérique*, *humidité de l'air*, *vents*, *pluie* et *neige*, *nébulosité* et *durée d'insolation* à Genève.

A *l'observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font, comme précédemment, de

trois en trois heures à partir de 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation de 9 h. du soir qui n'était publiée précédemment que par le bureau météorologique central de Zurich a figuré cette année dans tous les tableaux mensuels. Elle a été aussi utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour établir des moyennes spéciales de la température à Genève qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard* où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève*, aux « Nouvelles études sur le climat de Genève, » d'Emile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard*, les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées par E. Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont, comme les années précédentes, réduits chaque mois à l'observatoire par les soins de M. E. Schær, astronome adjoint; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. H. Duaime ; j'exprime à tous deux ici mes sincères remerciements pour leur utile collaboration.

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE seule indiquée. Pour la transformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux

dates des observations de Genève et 30 minutes à celles du Grand Saint-Bernard.

II. Température.

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans douze tableaux de chiffres à propos desquels j'ai quelques remarques à faire.

1° *Moyennes générales de la température. — Ecarts.* Le *tableau I* fournit, pour *Genève*, toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis la *température moyenne des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard grand modèle, qui a fonctionné sans accroc toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard*, donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois seules époques d'observation de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par le bureau central météorologique suisse : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes ; *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaison des deux stations. le travail de comparai-

son fait l'année dernière pour les deux stations du Grand Saint-Bernard ayant montré que la deuxième formule donne des chiffres qui se rapprochent sensiblement plus des moyennes résultant d'un plus grand nombre d'observations diurnes. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève* il y a deux séries d'écarts correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II d'après la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard. écarts correspondant toujours à la même formule

$$\frac{7 + 1 + 2 \times 9}{4}$$

Il résulte de l'examen des *écarts* que l'année météorologique a eu, à *Genève*, une température absolument normale. L'année civile a été légèrement plus froide, décembre 1902 ayant été un peu moins chaud que décembre 1901. Au *Grand Saint-Bernard*, l'année, météorologique ou civile, a été de 0°,1 plus chaude que la normale.

Si nous passons à l'examen des *saisons*, l'hiver et le printemps ont été un peu trop chauds à Genève, surtout l'hiver, l'été et l'automne ont été plus froids que la normale. Au Grand Saint-Bernard, l'hiver seul est trop chaud, mais de près de 1° et cela compense, et au-delà, les températures un peu trop basses des trois autres saisons.

En ce qui concerne les *mois*, il y en a à Genève cinq

I. Température. GENÈVE, 1902.

Période	1 h.m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1901.	+ 0°,60	+ 0°,48	+ 0°,18	+ 1°,88	+ 3°,52	+ 3°,04	+ 1°,99	+ 1°,15	+ 1°,60	− 1°,40	+ 4°,95
Janv. 1902	− 0,10	− 0,48	− 0,47	0,96	3,53	3,04	1,53	0,57	1,07	− 2,06	4,85
Février . .	+ 0,55	+ 0,27	+ 0,16	1,36	2,74	2,78	1,87	1,13	1,36	− 0,95	4,53
Mars . . .	3,87	3,22	3,02	6,36	8,62	8,94	7,32	5,52	5,86	+ 1,87	10,86
Avril . . .	9,39	8,50	9,08	12,03	14,15	14,54	11,88	10,62	11,27	7,29	16,53
Mai	7,37	6,49	8,33	11,33	13,04	13,07	11,17	9,01	9,99	5,47	15,25
Juin. . . .	12,79	11,42	13,72	16,92	19,00	19,33	17,74	14,98	15,74	10,72	21,59
Juillet. . .	15,61	13,99	17,11	21,03	23,61	23,73	21,24	18,27	19,32	13,24	26,31
Août . . .	15,22	13,85	14,88	19,04	21,26	21,83	19,38	16,64	17,76	12,57	24,03
Septembre	12,34	11,58	11,76	15,74	17,83	18,29	15,35	13,15	14,50	9,95	20,01
Octobre. .	7,91	7,62	7,64	10,22	12,23	11,59	9,59	8,54	9,42	6,36	13,70
Novembre	2,61	2,33	2,20	4,25	5,74	5,14	4,12	3,25	3,70	+ 0,96	6,93
Décembre.	+ 0,57	+ 0,34	+ 0,27	+ 1,10	+ 2,59	+ 1,97	+ 1,22	+ 0,67	+ 1,09	− 1,33	+ 3,89
Hiver . . .	+ 0,35	+ 0,09	− 0,05	+ 1,40	+ 3,28	+ 2,96	+ 1,79	+ 0,94	+ 1,34	− 1,49	+ 4,78
Printemps	6,85	6,06	+ 6,78	9,88	11,91	12,16	10,10	8,36	9,01	+ 4,85	14,19
Été	14,56	13,10	15,25	19,02	21,32	21,65	19,47	16,65	17,63	12,19	24,00
Automne .	7,62	7,18	7,20	10,07	+11,92	11,67	9,69	8,31	9,21	5,76	13,55
Année mét.	7,38	6,64	7,34	10,14	12,16	12,16	10,31	8,61	9,34	5,37	14,18
» civile	7,38	6,63	7,35	10,08	12,08	12,07	10,25	8,57	9,30	5,37	14,09

II. Température. Genève, 1902.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
Décembre 1901..	+ 0°,18	+ 3°,52	+ 1°,34	+ 1°,68	+ 1°,60
Janvier 1902 ...	− 0,47	3,53	0,75	1,27	1,14
Février	+ 0,16	2,74	1,40	1,43	1,42
Mars	3,02	8,62	6,04	5,89	5,93
Avril	9,08	14,15	11,05	11,43	11,33
Mai	8,33	13,04	9,55	10,31	10,12
Juin...........	13,72	19,00	15,71	16,14	16,04
Juillet	17,11	23,61	19,23	19,98	19,80
Août...........	14,88	21,26	17,34	17,83	17,70
Septembre	11,76	17,83	13,80	14,46	14,30
Octobre.........	7,64	12,23	8,82	9,56	9,38
Novembre......	2,20	5,74	3,44	3,79	3,70
Décembre......	+ 0,27	+ 2,59	+ 0,84	+ 1,23	+ 1,14
Hiver..........	− 0,05	+ 3,28	+ 1,15	+ 1,46	+ 1,38
Printemps......	+ 6,78	11,91	8,86	9,18	9,10
Été............	15,25	21,32	17,43	18,00	17,86
Automne.......	7,20	11,92	8,69	9,27	9,13
Année météorol.	7,34	12,16	9,08	9,53	9,42
» civile ...	7,35	12,08	9,04	9,49	9,38

trop chauds et sept trop froids ; au Grand Saint-Bernard il y en a six de part et d'autre. Si l'on revient aux chiffres des tableaux I et III, on trouve que le mois le plus froid a été janvier à Genève et février au Grand Saint-Bernard ; le mois le plus chaud a été juillet aux deux stations. Mais d'après le tableau IV, on trouve que le mois qui a été *relativement le plus chaud* a été avril à Genève avec un excès de + 2°,3. Le même mois a aussi été trop chaud de + 2°,0 au Saint-Bernard, mais le mois le plus chaud relativement à cette station a été janvier, avec un excès de température de + 3°,2. Le mois *relativement le plus froid* a été mai aux deux stations avec des déficits de température de — 3°,2 à

Genève et de — 4°,0 au Saint-Bernard. La température de mai a été de 9°,99 à *Genève*, donc un peu inférieure à 10°. Ce n'est pas le mois de mai le plus froid de la série, mai 1879 ayant accusé une température moyenne encore plus basse, de 9°,6, mais le mois de mai 1902 vient tout de suite après comme mai froid et laid. Au reste le contraste entre les deux mois d'avril et de mai est complet en ce sens que la température moyenne d'avril a été plus chaude, *absolument*, que celle de mai, de 1°,3 à Genève et de 2°,2 au Grand Saint-Bernard ; elle a été *relativement* plus chaude de 5°,5 à Genève et de 6°,0 au Grand Saint-Bernard. C'est une anomalie qui se présente rarement à un pareil degré.

III. Température. GRAND SAINT-BERNARD, 1902.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1901.	– 8,49	– 6,87	– 8,50	– 7,95	– 8,09	–10,3	– 5,6
Janv. 1902	– 6,56	– 4,22	– 6,33	– 5,70	– 5,86	– 8,8	– 3,1
Février . .	– 9,12	– 6,98	– 9,12	– 8,41	– 8,58	–11,3	– 5,7
Mars . . .	– 7,41	– 3,35	– 6,81	– 5,86	– 6,09	– 8,8	– 2,2
Avril . . .	– 2,27	+ 1,01	– 1,96	– 1,07	– 1,29	– 3,6	+ 2,2
Mai. . . .	– 4,89	– 0,46	– 4,27	– 3,21	– 3,47	– 6,8	1,1
Juin. . . .	+ 1,27	+ 5,36	+ 1,99	+ 2,87	+ 2,65	– 0,1	6,5
Juillet. . .	6,05	9,88	6,59	7,50	7,28	+ 4,4	11,4
Août . . .	4,69	8,08	5,45	6,07	5,92	3,5	8,9
Septembre	+ 2,81	6,31	+ 3,42	+ 4,18	+ 3,99	+ 1,8	7,4
Octobre. .	– 2,49	+ 0,08	– 1,98	– 1,46	– 1,59	– 3,8	+ 1,2
Novembre.	– 6,13	– 3,93	– 5,84	– 5,31	– 5,44	– 8,0	– 3,2
Décembre.	– 8,10	– 6,46	– 8,06	– 7,54	– 7,67	–10,1	– 5,5
Hiver. . .	– 8,02	– 5,99	– 7,95	– 7,32	– 7,48	–10,1	– 4,7
Printemps	– 4,89	– 0,96	– 4,37	– 3,41	– 3,65	– 6,5	+ 0,3
Été	+ 4,04	+ 7,80	+ 4,71	+ 5,51	+ 5,31	+ 2,6	+ 9,0
Automne .	– 1,94	+ 0,81	– 1,47	– 0,87	– 1,02	– 3,3	+ 1,8
Ann. mét.	– 2,68	+ 0,45	– 2,24	– 1,49	– 1,68	– 4,3	+ 1,6
» civile	– 2,65	+ 0,48	– 2,20	– 1,46	– 1,64	– 4,3	+ 1,6

IV. Écarts avec les températures normales, 1902.

PÉRIODE	Genève — Moyenne des 8 obs.	Genève — $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Grand St-Bernard $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Différence entre les deux stations
	°	°	°	°
Décembre 1901..	+ 0,80	+ 0,80	− 0,50	+ 1,30
Janvier 1902....	+ 1,15	+ 1,22	+ 3,18	− 1,96
Février.........	− 0,24	− 0,18	+ 0,03	− 0,21
Mars...........	+ 1,26	+ 1,33	+ 1,23	+ 0,10
Avril..........	+ 2,30	+ 2,36	+ 1,98	+ 0,38
Mai............	− 3,21	− 3,08	− 3,98	+ 0,90
Juin...........	− 1,07	− 0,77	− 1,44	+ 0,67
Juillet..........	+ 0,52	+ 0,99	+ 1,12	− 0,13
Août...........	− 0,15	− 0,21	− 0,06	− 0,15
Septembre......	− 0,16	− 0,36	+ 0,67	− 1,03
Octobre.........	− 0,46	− 0,50	− 1,11	+ 0,61
Novembre......	− 0,85	− 0,85	− 0,14	− 0,71
Décembre.......	+ 0,29	+ 0,34	− 0,08	+ 0,42
Hiver..........	+ 0,59	+ 0,63	+ 0,92	− 0,29
Printemps......	+ 0,09	+ 0,18	− 0,29	+ 0,47
Eté.............	− 0,22	+ 0,01	− 0,11	+ 0,12
Automne.......	− 0,49	− 0,57	− 0,20	− 0,37
Année météorol.	0,00	+ 0,08	+ 0,08	0,00
» civile....	− 0,04	+ 0,04	+ 0,12	− 0,08

Si l'on reprend les mois à températures extrêmes, on trouve, pour l'*amplitude* aux deux stations, les chiffres suivants :

Genève		Grand Saint-Bernard	
	°		°
Janvier	+ 1,07	Février.	− 8,58
Juillet	19,32	Juillet	+ 7,28
Amplitude	18,25		15,86

chiffres qui sont assez semblables à ceux des amplitudes moyennes : 18°,9 pour Genève et 15°,2 pour le Grand Saint-Bernard.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève.*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour *l'année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1902. A côté des températures, figure l'*écart* avec les températures cal-

V. Température de 5 en 5 jours. Genève, 1902.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 5,54	(+5,80)	30– 4 Juillet	+19,58	+1,30
6–10 id.	– 1,19	–0,87	5– 9 id.	23,17	(+4,63)
11–15 id.	– 2,26	–1,96	10–14 id.	18,11	–0,62
16–20 id.	– 0,01	+0,19	15–19 id.	20,94	(+2,09)
21–25 id.	+ 1,89	+1,92	20–24 id.	15,65	(–3,25)
26–30 id.	+ 2,37	+2,16	25–29 id.	19,23	+0,36
31– 4 Février	– 1,00	–1,51	30– 3 Août	17,62	–1,15
5– 9 id.	+ 4,22	(+3,35)	4– 8 id	20,32	(+1,73)
10–14 id.	+ 1,68	+0,40	9–13 id.	15,28	(–3,07)
15–19 id.	– 0,87	(–2,61)	14–18 id.	18,44	+0,41
20–24 id.	+ 0,85	–1,38	19–23 id.	17,98	+0,33
25– 1 Mars	3,82	+1,06	24–28 id.	16,97	–0,24
2– 6 Mars	4,86	+1,54	29– 2 Septemb.	18,01	+1,31
7–11 id.	4,47	+0,57	3– 7 id.	16,75	+0,61
12–16 id.	5,24	+0,73	8–12 id.	17,29	(+1,77)
17–21 id.	7,55	(+2,42)	13–17 id.	13,29	(–1,56)
22–26 id.	4,83	–0,94	18–22 id.	12,08	(–2,05)
27–31 id.	8,58	(+2,15)	23–27 id.	15,02	(+1,65)
1– 5 Avril	11,69	(+4,59)	28– 2 Octobre	8,86	(–3,71)
6–10 id.	8,08	+0,29	3– 7 id.	9,34	(–2,40)
11–15 id.	12,34	(+3,85)	8–12 id.	11,51	+0,63
16–20 id.	12,17	(+2,98)	13–17 id.	11,46	(+1,46)
21–25 id.	13,43	(+3,52)	18–22 id.	10,08	+0,97
26–30 id.	9,93	–0,70	23–27 id.	6,76	–1,45
1– 5 Mai	9,11	(–2,24)	28– 1 Novemb.	7,25	–0,07
6–10 id.	6,12	(–5,95)	2– 6 id.	4,81	(–1,63)
11–15 id.	8,49	(–4,29)	7–11 id.	6,35	+0,78
16–20 id.	8,92	(–4,57)	12–16 id.	+ 3,83	–0,91
21–25 id.	9,59	(–4,58)	17–21 id.	– 1,06	(–5,01)
26–30 id.	16,39	+1,56	22–26 id.	+ 2,21	–0,99
31– 4 Juin	19,17	(+3,71)	27– 1 Décemb.	+ 6,03	(+3,52)
5– 9 id.	14,93	–1,13	2– 6 id.	+ 0,25	–1,63
10–14 id.	13,08	(–3,53)	7–11 id.	– 3,46	(–4,78)
15–19 id.	12,00	(–5,11)	12–16 id.	– 0,76	–1,60
20–24 id.	15,45	(–2,12)	17–21 id.	+ 5,02	(+4,58)
25–29 id.	+18,68	+0,72	22–26 id.	+ 1,28	+1,16
			27–31 id.	+ 3,20	(+3,31)

culées d'après la formule déduite par E. Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé et constitue ainsi une *anomalie*, le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades, 39 présentent un écart positif et 34 un écart négatif, mais ces derniers l'emportent comme intensité, d'où résulte, comme nous l'avons vu, que l'année civile est plutôt froide. Les nombres d'écarts positifs et négatifs dépassant la limite de l'écart probable sont du reste tous deux égaux à 18.

La plus longue période de chaleur relative comprend six pentades, du 27 mars au 25 avril. La plus longue période de froid relatif est aussi de six pentades et succède immédiatement à la précédente, du 26 avril au 25 mai. Nous retrouvons donc ici encore l'opposition de température si caractérisée en 1902 entre les mois d'avril et de mai.

Le plus fort écart positif, + 5°,80 tombe sur la 1re pentade de l'année et le plus fort écart négatif, — 5°,95 sur la 26me pentade, celle du 6 au 10 mai. La plus forte hausse de la température + 6°,14 s'est présentée peu après, entre la 29me et le 30me pentade et, à un degré légèrement plus élevé, + 6°,18, entre la 70me et la 71me pentade, en décembre. La plus forte baisse de la température, — 6°,67, a eu lieu entre la 1re et la 2me pentade de l'année. La pentade la plus chaude est celle du 5 au 9 juillet avec + 23°,17. La plus froide est celle du 7 au 11 décembre, avec — 3°,46.

3° *Moyennes diurnes. — Ecarts. — Anomalies.*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très froids	froids		tempérés		chauds		très chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1901 .	—	7	21	3	—	—	—	—	- 3°,67 le 6	+ 8°,90 le 9
Janv. 1902.	—	10	17	4	—	—	—	—	- 4,96 le 11	8,90 le 3
Février. . .	—	8	17	3	—	—	—	—	- 3,00 le 2	7,58 le 7
Mars. . . .	—	—	14	14	3	—	—	—	+ 2,42 le 11	11,49 le 21
Avril. . . .	—	—	—	8	22	—	—	—	6,29 les 7 et 8	14,44 le 20
Mai	—	—	1	19	7	4	—	—	4,90 le 8	18,81 le 29
Juin	—	—	—	—	14	11	5	—	10,25 le 14	22,02 le 30
Juillet . . .	—	—	—	—	3	13	14	1	14,31 le 22	25,40 le 9
Août	—	—	—	—	4	22	5	—	12,95 le 12	22,76 le 7
Septembre.	—	—	—	2	17	11	—	—	6,90 le 29	19,50 le 3
Octobre . .	—	—	—	19	12	—	—	—	+ 5,46 le 26	13,42 le 21
Novembre .	—	6	13	11	—	—	—	—	- 2,25 le 20	8,10 le 9
Décembre .	1	12	14	4	—	—	—	—	- 5,26 le 5	+ 8,36 le 18
Année mét	—	31	83	83	82	61	24	1	-4°,96 le 11 janvier 1902.	+25°,40 le 9 juillet 1902.
» civile	1	36	76	84	82	61	24	1	- 5,26 le 5 déc. 1902	id.

VII. Écarts de la température. — GENÈVE, 1902.

Période	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes négatifs	Écarts extrêmes positifs	Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs négatifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs positifs
Déc. 1901 . .	12	19	9	±2,32	− 5,32 le 6	+ 7,58 le 9	±2,17	− 4,00 le 10	+ 9,36 le 9
Janvier 1901.	10	21	4	2,51	− 4,64 le 11	+ 9,16 le 3	1,79	− 5,94 le 4	+ 4,64 le 2
Février . . .	18	10	7	2,16	− 4,38 le 16	+ 6,71 le 7	1,61	− 4,90 le 11	+ 5,96 le 7
Mars	11	20	11	1,87	− 1,72 le 11	+ 6,11 le 21	1,57	− 7,67 le 22	+ 4,70 le 28
Avril	6	24	3	3,21	− 3,48 le 29	+ 6,45 le 3	1,32	− 5,03 le 7	+ 3,24 le 2
Mai	26	5	3	3,80	− 7,17 le 8	+ 3,85 le 29	1,34	− 3,46 le 18	+ 2,93 le 25
Juin	19	11	4	3,07	− 6,57 le 14	+ 6,04 le 3	1,50	− 3,08 le 4	+ 3,27 le 14
Juillet	13	18	8	2,70	− 4,59 le 22	+ 6,77 le 9	2,14	− 7,40 le 2	+ 4,56 le 25
Août	16	15	10	1,89	− 5,34 le 12	+ 4,21 le 7	1,72	− 3,82 le 9	+ 3,55 le 24
Septembre .	15	15	7	1,96	− 5,83 le 29	+ 3,93 le 24	1,69	− 5,47 le 29	+ 2,95 le 23
Octobre . . .	18	13	6	1,88	− 4,35 le 1	+ 4,49 le 21	1,29	− 3,29 le 17	+ 3,80 le 21
Novembre. .	20	10	3	2,51	− 6,04 le 20	+ 4,20 le 27	1,25	− 3,67 le 18	+ 3,50 le 24
Décembre. .	14	17	4	3,48	− 7,02 le 5	+ 7,85 le 18	1,76	− 5,44 le 5	+ 3,62 le 17
Année mét. .	184	181	75	±2,49	− 7,17 le 8 mai.	+ 9,16 le 3 janvier.	±1,62	− 7,67 le 22 mars.	+ 9,36 le 9 déc. 1901
» civile.	186	179	70	2,59	id.	id.	1,58	id.	+ 5,96 le 7 février 1902

l'année, à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique, il n'y a eu que 31 jours dont la température moyenne ait été au-dessous de zéro, contre 53 en 1901, 28 en 1900 et 26 en 1899. Il n'y a pas eu de *jour très froid* dans l'année météorologique et *un* seul dans l'année civile. Il y a eu *un jour très chaud* en juillet.

Le *tableau VIII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La longue série de jours où la température moyenne est restée au-dessous de zéro s'étend de la mi-octobre 1901 à la fin de mars 1902, avec trois interruptions d'un jour chacune, une en décembre et deux en janvier. La température moyenne n'est en revanche pas descendue au-dessous de zéro pendant une assez longue période de l'été, du 19 juin au 27 septembre, à l'exception d'un seul jour froid, le 12 août.

Ces deux tableaux fournissent également, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures moyennes extrêmes annuelles est de 30°,4 pour Genève et de 28°,5 pour le Grand Saint-Bernard.

Le *tableau VII* fournit les données habituelles sur les écarts entre les températures observées et les températures normales de *Genève*. Il donne aussi pour chaque mois et pour l'année, les valeurs moyennes des écarts, 1° entre la valeur observée et la normale, 2° entre les températures de 2 jours consécutifs. Il contient enfin les dates des écarts extrêmes, pris à ces deux points de vue ; les derniers chiffres indiquent le plus

VIII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1902.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chud
	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1901.	—	12	12	6	1	—	—	—	-13°,7 les 16 et 27	+0°,9 le 8
Janvier 1902 . .	—	7	7	15	2	—	—	—	-14,9 le 26	+0,8 le 4
Février	—	7	18	3	—	—	—	—	-14,9 le 15	-4,1 le 24
Mars	—	2	18	11	—	—	—	—	-10,6 le 24	-2,4 le 19
Avril	—	—	5	11	14	—	—	—	-7,1 le 30	+2,2 le 16
Mai	—	—	14	9	8	—	—	—	-8,1 le 8	+3,6 le 28
Juin	—	—	—	6	13	11	—	—	-3,3 le 17	+8,8 le 3
Juillet	—	—	—	—	9	15	7	—	+0,5 le 11	+13,6 le 7
Août	—	—	—	1	8	20	2	—	-1,7 le 12	+10,6 le 19
Septembre . . .	—	—	—	3	15	10	2	—	-3,0 le 29	+10,9 le 9
Octobre	—	—	2	19	10	—	—	—	-5,8 le 17	+2,9 le 26
Novembre . . .	—	3	13	12	2	—	—	—	-14,5 le 18	+0,2 les 2 et 14
Décembre . . .	—	10	14	7	—	—	—	—	-14,1 le 31	-1,4 le 17
Année mét. . .	—	31	89	96	82	56	11	—	-14,9 les 26 janv. et 15 février.	+13,6 le 7 juillet.
» civile . .	—	29	91	97	81	56	11	—	id.	id.

fort abaissement de température ou la plus forte augmentation d'un jour à l'autre, pour chaque mois et pour l'année, météorologique ou civile.

Le tableau parallèle pour le *Grand Saint-Bernard* a été supprimé cette année. En effet, comme nous le faisions remarquer dans le résumé de l'année dernière, les trois observations à la nouvelle station donnent des moyennes qui concordent suffisamment avec celles des huit observations à l'ancienne station, mais qui présentent cependant de légères discordances avec celles-ci. Nous avons maintenu dans les tableaux mensuels l'impression des écarts de température diurnes avec les valeurs normales calculées par Plantamour, parce qu'ils sont utiles pour caractériser la température des diverses périodes d'un même mois. Mais ces écarts ne sont probablement exacts qu'à une fraction de degré près, et il nous a semblé qu'il ne fallait pas en tirer de conclusions comme on le faisait antérieurement et comme on le fait encore pour Genève.

L'*anomalie* résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans la station de plaine s'est produite quatre fois dans l'année météorologique et trois fois dans l'année civile, et cela aux dates suivantes : le 8 décembre 1901, déjà signalé au résumé précédent et les 9, 10 et 11 janvier 1902 ; elle a atteint au maximum 2°,4 le 9. Ces cas d'anomalies correspondent, comme d'ordinaire, à des jours couverts (nuages ou brouillard) à Genève et à des jours très clairs au Saint-Bernard, caractérisés généralement aussi par une grande sécheresse de l'air.

4° *Températures extrêmes.*

Les *tableaux IX et X* fournissent, pour les deux sta-

IX. Températures extrêmes. GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Déc. 1901....	− 7,8	le 6	+10,9	le 9	18	1
Janvier 1902..	− 7,7	le 11	+15,2	le 3	24	4
Février.......	− 4,8	les 3 et 23	+10,0	le 8	19	2
Mars.........	− 2,7	le 12	+17,2	le 20	8	0
Avril.........	+ 2,1	le 8	+22,2	le 20	0	0
Mai..........	− 0,3	le 7	+26,9	le 28	1	0
Juin.........	+ 6,1	le 18	+30,8	le 3	0	0
Juillet........	+ 7,8	le 22	+33,9	le 9	0	0
Août.........	+ 8,8	le 4	+30,8	le 19	0	0
Septembre....	+ 4,6	le 14	+27,8	le 3	0	0
Octobre......	+ 1,9	le 1	+20,0	le 14	0	0
Novembre....	− 6,7	le 23	+14,3	le 8	8	1
Décembre....	− 7,1	le 5	+11,5	le 27	18	9
Année mét...	— 7,8	le 6 déc. 01	+33,9	le 9 juill. 02	78	8
» civile..	— 7,7	le 11 janv. 02		id.	78	16

X. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1902.

PÉRIODE	Minimum absolu	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Maximum au-dessous de 0°.
	0		0			
Déc. 1901....	−16,1	le 28	+ 3,0	le 8	31	28
Janvier 1902..	−16,5	le 26	+ 3,5	le 9	31	20
Février.......	−17,3	le 15	− 1,0	le 24	28	28
Mars.........	−14,0	le 24	+ 4,5	le 19	31	24
Avril.........	−10,2	le 30	+ 8,5	le 5	29	6
Mai..........	−13,2	le 7	+ 9,8	le 27	29	13
Juin.........	− 5,0	le 17	+13,2	le 2	15	1
Juillet.......	− 1,8	le 12	+18,5	le 7	3	0
Août.........	− 2,8	le 12	+14,5	le 19	3	0
Septembre....	− 4,0	le 29	+14,0	le 9	9	2
Octobre......	− 9,6	le 18	+ 6,2	le 26	26	6
Novembre....	−18,5	le 21	+ 3,0	le 14	30	22
Décembre....	−16,8	le 31	+ 0,4	le 17	31	30
Année mét...	−18,5	le 21 nov. 02	+18,5	le 7 juill. 02	265	150
» civile...		id.		id.	265	152

tions, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève* le minimum absolu est de plus de cinq degrés moins bas que le minimum moyen des 50 années de 1826 à 1875 (— 13°,3). Le maximum absolu dépasse en revanche le maximum absolu moyen (+ 32°,5) de plus d'un degré. L'oscillation extrême de la température, 41°,7, n'en reste pas moins sensiblement inférieure à l'oscillation moyenne (45°,8). Au *Grand Saint-Bernard* l'oscillation extrême est de 37°,0 seulement, de près de 9 degrés inférieure à celle de l'année précédente.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée*, où le minimum est descendu au dessous de zéro, et de *jours de non dégel* où le maximum est resté au-dessous de zéro. A *Genève* ces deux nombres sont inférieurs aux nombres moyens des 50 années 1826-1875 (91 et 21).

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 7 mai. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu le 3 novembre.

Au *Grand Saint-Bernard*, le dernier glaçon a fondu sur le petit lac près de l'hospice le 1er août et le lac s'est congelé à nouveau dans la nuit du 1er au 2 novembre.

5° *Température du Rhône.*

Les *tableaux XI et XII* fournissent les documents habituels sur la température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur de 1 mètre au-dessous de la surface de l'eau.

XI. Température du Rhône. 1902.

Période	Moyenne.	Écarts avec la valeur normale.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1901 . .	6,04	− 0,57	5,4 le 31	7,0 le 4	+ 4,44
Janvier 1902 . . .	4,92	− 0,19	4,1 le 15	6,2 le 2	+ 3,85
Février	4,65	− 0,31	4,0 les 5 et 17	5,3 le 27	+ 3,29
Mars	5,84	− 0,28	4,7 le 1	6,6 le 21	− 0,02
Avril	8,98	+ 0,20	6,0 le 2	12,5 le 28	− 2,29
Mai	9,42	− 2,30	6,6 le 6	12,4 le 29	− 0,57
Juin	13,42	− 1,92	9,0 le 11	17,8 le 30	− 2,32
Juillet	17,73	− 0,36	13,1 le 25	21,7 le 9	− 1,60
Août	18,07	− 0,58	15,9 le 14	19,7 le 8	+ 0,31
Septembre.	16,72	− 0,35	12,7 le 18	19,3 le 10	+ 2,22
Octobre	12,37	− 1,61	9,2 les 17 et 20	15,0 le 2	+ 2,95
Novembre	9,10	− 0,53	7,3 les 20 et 24	10,8 le 1	+ 5,40
Décembre	6,06	− 0,55	4,9 les 8 et 10	8,5 le 2	+ 4,97
Année météorolog.	10,70	− 0,64	4,0 les 5 et 17 février 02	21,7 le 9 juillet.	+ 1,36
» civile. . . .	10,70	− 0,64	id.	id.	+ 1,40

XII. Température du Rhône. 1902.

PÉRIODE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
	°	°	°	°	°	°
Décemb. 1901 .	±0,62	− 1,2 les 2 et 3	+ 0,2 le 27	±0,22	− 0,6 le 11	+ 0,6 le 4
Janvier 1902 .	0,23	− 0,9 le 15	+ 0,8 le 2	0,17	− 0,7 le 15	+ 0,4 le 17
Février	0,40	− 1,0 le 17	+ 0,3 le 11	0,22	− 0,5 les 4, 12 et 28	+ 0,5 le 6
Mars	0,36	− 1,3 le 27	+ 0,1 les 10, 11 et 21	0,14	− 0,3 le 25	+ 0,3 le 5
Avril	1,28	− 1,3 le 2	+ 2,8 le 26	0,32	− 0,8 le 8	+ 0,9 le 15
Mai	2,80	− 5,5 le 19	+ 1,6 le 1	0,37	− 0,9 le 17	+ 0,8 le 28
Juin	2,78	− 5,9 le 11	+ 2,9 le 5	1,09	− 5,8 le 10	+ 4,0 le 4
Juillet	1,83	− 5,4 le 25	+ 4,1 le 9	1,14	− 3,6 le 10	+ 3,2 le 26
Août.	0,93	− 2,9 le 14	+ 1,0 le 29	0,70	− 2,2 le 13	+ 1,2 le 28
Septembre .	1,06	− 4,3 le 18	+ 1,6 le 10	0,66	− 3,2 le 18	+ 1,6 le 19
Octobre . . .	1,48	− 4,5 le 17	+ 0,3 les 14 et 16	0,74	− 4,8 le 17	+ 2,2 le 2
Novembre . .	0,74	− 1,9 le 20	+ 0,3 le 29	0,24	− 0,6 le 18	+ 1,1 le 25
Décembre. . .	0,79	− 2,3 le 8	+ 0,6 le 2	0,37	− 1,3 le 5	+ 0,7 le 18
Année mét. .	±1,22	− 5,9 le 11 juin.	+ 4,1 le 9 juillet.	±0,51	− 5,8 le 10 juin.	+ 4,0 le 4 juin.
» civile .	1,23	id.	id.	0,52	id.	id.

III. Pression atmosphérique.

Genève. — Le baromètre normal de Noblet a servi aux six observations trihoraires diurnes jusqu'à la fin de l'année météorologique. A partir du 1er décembre 1902, il a été remplacé par un nouveau baromètre de M. Fuess dont nous reparlerons plus en détail au résumé prochain. La correction du baromètre de Noblet avait été déterminée en 1892 et trouvée égale à $+ 0^{mm}.43$. L'altitude absolue de l'extrémité de la pointe d'ivoire correspondant au zéro du baromètre, est de $404^{m}.91$, si l'on admet, comme hauteur absolue du repère de la Pierre du Niton, la valeur $373^{m}.54$, indiquée comme la plus probable dans la 9me livraison du « Nivellement de précision de la Suisse ».

Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et de 4 h. du matin, ainsi que pour les minima et les maxima diurnes, sont fournies par le barographe à enregistrement continu de Redier donné à l'observatoire par Philippe Plantamour et, subsidiairement, par le barographe horaire de Hipp.

La moyenne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Le baromètre de Gourdon donné à l'hospice par Auguste de la Rive en 1829, sert aux trois observations diurnes. Sa correction a été déterminée à nouveau en octobre 1900 et trouvée égale à $+ 0^{mm}.05$. Les valeurs des minima et des maxima diurnes sont relevés sur le barographe horaire

de Hottinger qui a été décrit dans le « résumé » de 1884.

Les moyennes diurnes, mensuelles et annuelles de cette station reposent, depuis cette année, sur trois observations seulement. Mais la comparaison faite dans le résumé de l'année dernière entre les moyennes basées sur trois et sur huit observations prouvait que la différence entre elles était minime.

1° *Moyennes générales. — Variation diurne. — Écarts.*

Le *tableau XIII* donne, pour *Genève*, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XIV* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard*, mais la variation diurne n'est plus exprimée que très incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des trois observations diurnes. Au reste cette variation diurne sera déterminée avec toute l'exactitude désirable par l'étude des nombreuses années où le baromètre de la station était observé un grand nombre de fois dans la journée.

Le *tableau XV* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par E. Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

XIII. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1901	722,37	+0,09	-0,25	-0,39	+0,39	-0,20	-0,20	+0,15	+0,41
Janvier 1902 .	732,08	+0,10	-0,04	-0,01	+0,45	-0,33	-0,35	+0,02	+0,16
Février	721,99	+0,43	+0,09	-0,01	+0,16	-0,27	-0,55	-0,04	+0,19
Mars	725,32	+0,06	-0,23	+0,06	+0,41	0,00	-0,51	-0,06	+0,27
Avril	723,86	+0,21	+0,06	+0,38	+0,39	-0,11	-0,74	-0,38	+0,19
Mai	725,85	+0,22	-0,02	+0,30	+0,26	-0,20	-0,47	-0,30	+0,21
Juin	725,67	+0,15	+0,13	+0,45	+0,36	-0,23	-0,69	-0,41	+0,24
Juillet	728,19	+0,29	+0,16	+0,52	+0,37	-0,20	-0,64	-0,55	+0,05
Août.	727,11	+0,27	+0,09	+0,30	+0,36	-0,16	-0,61	-0,37	+0,12
Septembre . .	728,32	+0,40	+0,01	+0,24	+0,41	-0,15	-0,66	-0,31	+0,06
Octobre	726,96	0,00	-0,14	+0,14	+0,53	-0,17	-0,51	-0,05	+0,20
Novembre . . .	725,72	+0,41	+0,14	+0,12	+0,44	-0,40	-0,62	-0,25	+0,16
Décembre . . .	729,81	+0,09	-0,03	+0,04	+0,50	-0,36	-0,52	+0,05	+0,23
Hiver	725,60	+0,20	-0,07	-0,14	+0,34	-0,26	-0,37	+0,05	+0,25
Printemps. . .	725,02	+0,16	-0,07	+0,24	+0,35	-0,10	-0,56	-0,24	+0,22
Été	727,00	+0,24	+0,12	+0,42	+0,36	-0,19	-0,64	-0,44	+0,13
Automne . . .	727,00	+0,27	0,00	+0,17	+0,46	-0,24	-0,60	-0,20	+0,14
Année météor.	726,16	+0,22	0,00	+0,17	+0,38	-0,20	-0,55	-0,21	+0,19
Année civile. .	726,79	+0,22	+0,01	+0,21	+0,39	-0,21	-0,57	-0,22	+0,17

XIV. Pression atmosphérique. — SAINT-BERNARD, 1902.

PÉRIODE	Hauteur moyenne.	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1901.	557,65	-0,12	-0,16	+0,28
Janvier 1902 . .	565,47	-0,05	-0,14	+0,19
Février	557,25	-0,09	-0,19	+0,28
Mars	560,74	-0,28	+0,04	+0,24
Avril	562,58	-0,30	+0,08	+0,22
Mai.	562,21	-0,37	-0,06	+0,43
Juin	565,56	-0,30	0,00	+0,30
Juillet	569,94	-0,31	+0,02	+0,29
Août	568,53	-0,20	+0,03	+0,17
Septembre . . .	568,20	-0,17	0,00	+0,17
Octobre.	564,48	-0,23	-0,04	+0,27
Novembre . . .	562,16	-0,03	-0,13	+0,16
Décembre . . .	562,73	+0,11	-0,21	+0,10
Hiver	560,22	-0,09	-0,16	+0,25
Printemps . . .	561,84	-0,32	+0,02	+0,30
Été	568,04	-0,27	+0,02	+0,25
Automne	564,94	-0,14	-0,06	+0,20
Année météor .	563,78	-0,21	-0,04	+0,25
Année civile . .	564,21	-0,19	-0,05	+0,24

XV. Pression atmosphérique. — Écarts, 1902.

Période.	Genève.	Saint-Bernard.	Genève–St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1901.......	– 5,59	– 4,67	– 0,92
Janvier 1902	+ 4.71	+ 4,98	– 0,27
Février	– 4,85	– 2,99	– 1,86
Mars	+ 0,29	+ 1,03	– 0,74
Avril..............	– 0,91	+ 0,95	– 1,86
Mai................	+ 0,61	+ 1,63	– 1,02
Juin	– 1,52	– 1,55	+ 0,03
Juillet..............	+ 0,55	+ 1,46	– 0,91
Août	– 0,55	+ 0,13	– 0,68
Septembre..........	+ 0,69	+ 0,75	– 0,06
Octobre.............	+ 0,45	– 0,12	+ 0,57
Novembre	+ 0,13	+ 0,13	0,00
Décembre	– 1,85	+ 0,41	– 2,26
Année météor.......	– 0,48	– 0,10	– 0,38
Année civile	+ 0,15	+ 0,33	– 0,18

La moyenne annuelle de la pression atmosphérique, pour 1902, est, aux deux stations, un peu plus faible que la moyenne générale pour l'année météorologique, un peu plus forte pour l'année civile. Parmi les écarts mensuels, il y en a 7 positifs et 6 négatifs à *Genève*, 9 positifs et 4 négatifs seulement au *Grand Saint-Bernard*. La discordance entre les deux stations est, cette année, maximum en avril et en décembre 1902 ainsi qu'en février, comme pour les deux années précédentes.

Les écarts négatifs les plus forts sont, aux deux stations, ceux de décembre 1901 pour l'année météorologique, et ceux de février pour l'année civile. Les écarts positifs les plus accusés sont ceux de janvier pour les deux stations.

2° *Ecarts diurnes. — Anomalies.*

Le *tableau XVI* contient, pour *Genève*, les données qui permettent d'apprécier la variabilité de la pression atmosphérique. Il fournit les valeurs des écarts moyens et des écarts extrêmes de chaque mois, écarts entre la hauteur moyenne du baromètre et sa hauteur normale, puis des indications analogues pour les écarts entre deux jours consécutifs.

Le tableau parallèle pour le *Grand Saint-Bernard* a été supprimé cette année comme il l'avait été pour la température. Le changement des heures d'observation diminue un peu l'importance des valeurs normales. Les écarts ont cependant été maintenus sur les tableaux mensuels à titre d'indication utile, mais il a paru superflu d'en calculer les valeurs moyennes.

XVI. Écarts de la pression atmosphérique. — Genève 1902.

Période	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1901	21	10	2	± 8,84	-17,95 le 22	+ 9,25 le 1	± 3,58	- 8,59 le 13	+10,23 le 30
Janv. 1902.	8	23	5	6,88	-12,17 le 25	+15,85 le 16	3,56	-10,43 le 25	+ 7,01 le 15
Février . .	24	4	2	5,12	-10,94 le 9	+ 2,50 le 21	2,19	- 5,36 le 13	+ 4,88 le 15
Mars	13	18	7	3,26	- 8,86 le 22	+ 7,00 le 17	2,12	- 6,10 le 21	+ 6,67 le 2
Avril	17	13	9	2,64	- 6,47 le 27	+ 6,46 le 21	2,04	- 6,38 le 22	+ 4,23 le 4
Mai	18	13	6	3,18	- 6,20 le 19	+ 9,26 le 25	2,01	- 4,74 le 9	+ 4,66 le 21
Juin* . . .	16	13	7	2,94	- 7,33 le 9	+ 5,07 le 23	2,01	- 3,95 le 25	+ 7,30 le 21
Juillet . . .	14	17	9	2,34	- 6,14 le 20	+ 5,17 le 28	1,90	- 5,01 le 10	+ 5,44 le 22
Août	23	8	8	1,49	- 4,35 le 29	+ 3,27 le 22	1,37	- 3,42 le 29	+ 3,77 le 9
Septembre.	7	23	4	2,53	- 6,30 le 30	+ 6,31 le 20	1,39	- 4,57 le 29	+ 3,28 le 14
Octobre . .	16	15	5	3,64	- 5,90 le 1	+ 8,78 le 24	1,89	- 4,20 le 16	+ 8,16 le 13
Novembre .	11	19	7	4,12	-12,88 le 26	+ 6,07 le 14	2,29	- 9,39 le 25	+ 5,00 le 8
Décembre .	11	20	4	6,39	-17,31 le 30	+11,79 le 24	2,51	-11,79 le 29	+ 5,08 le 1
Année mét.	188	176	71	± 3,91	-17,95 le 22 décembre 01	+15,85 le 16 janvier.	± 2,20	-10,43 le 25 janvier 02.	+10,23 le 30 déc. 01.
Année civ.	178	186	73	3,71	-17,31 le 30 décembre 02	id.	2,11	-11,79 le 29 déc. 02.	+ 8,16 le 13 oct. 02.

* Le 3, l'écart est nul.

XVII. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1902.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1901 ...	707,7	le 22	737,1	les 1 et 7	29,4
Janvier 1902..	711,8	le 25	745,3	le 16	33,5
Février	713,1	le 9	729,5	le 20	16,4
Mars	713,5	le 21	733,0	le 17	19,5
Avril	717,0	le 27	732,7	le 21	15,7
Mai..........	717,9	le 19	736,4	le 25	18,5
Juin.........	718,1	le 12	733,0	le 23	14,9
Juillet	720,3	le 21	734,5	le 29	14,2
Août.........	720,9	le 29	731,7	le 22	10,8
Septembre ...	718,3	le 30	734,8	le 20	16,5
Octobre......	719,3	le 11	736,0	le 25	16,7
Novembre....	712,5	le 29	733,1	le 14	20,6
Décembre....	709,3	le 30	740,2	le 24	30,9
Année météor.	707,7	le 22 déc. 01	745,3	le 16 janv. 02	37,6
Année civile..	709,3	le 30 déc. 02		id.	36,0

XVIII. Pressions extrêmes. GRAND St-BERNARD, 1902.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1901 ...	546,7	le 22	572,1	le 31	25,4
Janvier 1902 .	549,5	le 25	574,4	le 8	24,9
Février	552,0	le 1	563,4	le 23	11,4
Mars	551,0	le 23	567,0	le 14	16,0
Avril	556,9	le 28	569,3	le 21	12,4
Mai	553,0	le 19	571,5	le 25	18,5
Juin.........	558,0	le 8	573,5	le 93	15,5
Juillet	561,0	le 21	575,1	le 7	14,1
Août	563,9	le 12	572,7	le 19	8,8
Septembre ...	557,3	le 30	573,5	le 20	16,2
Octobre......	557,5	le 1	573,0	le 13	15,5
Novembre....	552,0	le 26	568,8	le 13	16,8
Décembre ...	545,2	le 30	571,4	le 17	26,2
Année météor.	546,7	le 22 déc. 01	575,1	le 7 juillet 02	28,4
Année civile..	545,2	le 30 déc. 02		id.	29,9

3° *Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.*

Les *tableaux XVII et XVIII* donnent les maxima et les minima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève*, les extrêmes moyens et absolus ont, d'après les publications antérieures, les valeurs suivantes :

			mm.
minimum extrême	moyen	:	705.05
» »	absolu	:	700.16 (26 XII 1856)
maximum extrême	moyen	:	741.03
» »	absolu	:	748.71 (17 I 1882).

Le maximum absolu de 1902 est sensiblement supérieur au maximum moyen, sans s'approcher du maximum absolu de 1882. Le minimum absolu ne descend même pas à la valeur du minimum moyen. Cependant l'amplitude annuelle est un peu supérieure à l'amplitude moyenne, $36^{mm}.0$.

Au *Grand Saint-Bernard*, à l'inverse, l'amplitude est relativement faible ; elle est moindre qu'en 1901 et surtout qu'en 1900, elle est d'ailleurs plus forte pour l'année civile que pour l'année météorologique.

(A suivre.)

QUATRE-VINGT-SIXIÈME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

LOCARNO

les 3, 4 et 5 septembre 1903.

(Suite et fin[1].)

Botanique.

Président : M. le prof. MARIANI.
Secrétaire : M. Mario JÄGGLI.

E. Fischer. Les espèces biologiques chez les champignons parasites et l'origine de formes nouvelles dans le monde végétal. — F. Merz. Etat des forêts dans le canton du Tessin. — C. Schröter. Excursion dans les vallées de Bedretto, Formazza et Bosco. — M. Rikli. Contributions floristiques et phytogéographiques à la flore suisse. — E. Freuler. Végétation forestière du Tessin méridional. — A. Bettelini. Etudes sur la flore du Tessin méridional. — A. Usteri. Observations sur des marchés tropicaux et leurs produits végétaux. — S. Calloni. Notes floristiques sur Agave americana et Arum dracunculus. Morphologie des inflorescences d'Anemone hepatica. Plantes erratiques du Mont Salvatore. Les nectaires des Berbéridacées. Le fruit d'Achlys triphylla.

M. Ed. FISCHER, professeur à Berne, dans une conférence faite à la première assemblée générale, parle *des espèces biologiques chez les champignons parasites et de l'origine de formes nouvelles dans le règne végétal.*

Pour expliquer l'origine des espèces dans le règne

[1] Voir *Archives*, octobre 1903, p. 455.

végétal, on attribue depuis peu une grande importance aux « petites espèces », c'est-à-dire à des formes qui, bien qu'elles ne se distinguent les unes des autres que par de très petites différences, n'en sont pas moins parfaitement constantes et héréditaires. L'étude de ces formes permettra peut-être de découvrir les *facteurs* qui concourent à la production de types nouveaux. Les « petites espèces » chez les champignons parasites se prêtent particulièrement bien à l'étude de ces questions, d'abord en raison de la grande simplicité et de l'évidence de leurs caractères morphologiques ; puis parce qu'elles sont le plus souvent asexuées, ce qui exclut toutes les difficultés qui résulteraient de l'hybridation ; et enfin surtout parce qu'elles permettent d'utiliser, pour définir leurs formes, les relations biologiques qui les lient à leurs plantes nourricières. A côté des espèces morphologiquement distinctes, on peut, en effet, définir des formes constantes et héréditaires qui ne diffèrent les unes des autres que par le choix qu'elles font de leurs plantes nourricières ; et c'est là ce qu'on désigne par l'expression d' « espèces biologiques ». Le conférencier fait ressortir par quelques exemples la nature et les particularités des espèces biologiques, et il montre qu'on ne les rencontre pas au même degré dans tous les groupes de champignons. En effet, alors que ce partage en espèces biologiques est très frappant chez le *Puccinia graminis* (d'après Eriksson), chez le *Puccinia Smilacearum-Digraphidis* (d'après Klebahn) et chez le *Claviceps purpurea* (d'après R. Stäger), il n'en est point de même pour le *Cystopus candidus* et le *Protomyces macrosporus* qu'on n'a pas encore réussi à séparer en espèces biologiques.

Dans l'hypothèse phylogénétique, on est tout naturellement porté à assigner une origine commune aux formes biologiques d'une espèce. On se trouve alors en présence d'une double alternative : ou bien (1) la forme ancestrale n'avait qu'une seule plante nourricière et les descendants se sont graduellement accommodés à de nouveaux hôtes, ou au contraire (2) c'était la forme ancestrale qui pouvait vivre sur tous les hôtes sur lesquels ses descendants vivent encore aujourd'hui, et ces derniers se sont spécialisés pour vivre exclusivement sur une seule plante hospitalière. C'est la seconde de ces deux alternatives qui rend le mieux compte des faits. Il en résulterait que les groupes les plus avancés dans la spécialisation sont aussi ceux qui mènent depuis le plus longtemps la vie de parasite ; de sorte que les Urédinées, par exemple, auraient été parasites bien avant les phanérogames parasites du genre Cuscuta. Il faut ajouter cependant que la première alternative citée plus haut, loin d'être impossible, s'accorderait au contraire avec des observations actuelles,

Le conférencier étudie ensuite les *causes* de la spécialisation et il admet encore ici de deux choses l'une · ou bien, les espèces biologiques résultent de modifications chez le parasite sans que la plante hospitalière ait exercé aucune influence, ou il s'agit d'une adaptation du parasite à son hôte. Cette question ne saurait être tranchée que par la voie expérimentale, celle que Klebahn a suivie avec succès. Ce dernier, en effet, a cultivé d'année en année, depuis 1892, sur le Polygonatum seul, la forme écidienne du Puccinia Smilacearum-Digraphidis, qui vit sur Polygonatum, Convallaria,

Paris et Majanthemum. Il résulte de ses observations que, dans ces dernières années, tandis qu'il était toujours facile d'inoculer abondamment et uniformément le champignon sur le Polygonatum, cette opération, pratiquée sur les autres hôtes, donnait des résultats très variables et même dans certains cas absolument nuls. Il s'ensuit qu'une culture prolongée sur une seule et même plante nourricière a pour effet d'adapter le champignon à celle-ci ; en sorte qu'il y aurait ici un cas d'hérédité des caractères physiologiques acquis et les espèces biologiques seraient des *races d'accoutumance* (Gewohnheitsrassen de Magnus). Cette dernière conclusion ne doit cependant être acceptée qu'avec réserve, attendu que plusieurs faits qui ont été observés ne s'accordent pas entièrement avec elle.

Si l'on admet que ces espèces biologiques sont réellement l'effet d'une adaptation du parasite à son hôte, on peut encore se demander s'il est permis de généraliser ce résultat en l'appliquant aux espèces morphologiquement distinctes. Les espèces biologiques sont-elles, en effet, des espèces morphologiques en voie de formation ? Les rapports systématiques des Urédinées semblent appuyer cette manière de voir, attendu qu'elles offrent des espèces biologiques qui sont reliées à des espèces morphologiques de degré différent par des séries continues de formes intermédiaires. Mais d'autres observations ne s'accordent pas avec cette hypothèse et l'action de la plante nourricière ne suffit pas à expliquer toutes les différences spécifiques des champignons parasites. Il est donc certain que d'autres facteurs, tels que la mutation, entrent aussi en ligne de compte. Quoi qu'il en soit, nous devons pour chaque

espèce faire, suivant Nægeli, le départ entre les « caractères d'adaptation » et les « caractères d'organisation ». Les particularités biologiques appartiennent à la première de ces deux catégories, les particularités morphologiques se rapportent pour la plupart à la seconde, quelquefois cependant à la première.

M. F. Merz, inspecteur cantonal des forêts à Bellinzone, parle, dans la même assemblée générale, sur l'*état des forêts dans le canton du Tessin.*

Le conférencier décrit à grands traits la configuration orographique et la structure géologique du sol du canton du Tessin. Au point de vue orographique, ce canton se compose de deux régions principales : le massif du Gothard et du Tessin d'une part et la région des lacs transalpins de l'autre. Celle-ci, n'offrant que des collines relativement peu élevées, est constituée par la partie méridionale du canton. Elle est séparée de la région montagneuse située au nord par une ligne partant de la Valteline et passant par les vallées de Morobbia et d'Onsero. Le contraste entre ces deux moitiés du canton du Tessin est des plus saisissants : d'un côté, des montagnes sauvages sur les flancs desquelles les pâturages alternent avec les forêts de sapins ; de l'autre, les paysages les plus riants où de rares sapins et rhododendrons se mêlent aux oliviers, aux lauriers, aux grenadiers, etc.

Peu de régions du globe offrent, en un espace aussi restreint, une telle diversité de climats. Mais, d'une façon générale, on peut dire que dans le Tessin, à altitude égale, les moyennes de température sont plus élevées, les minima moins bas et les variations ther-

mométriques moins fortes que dans le nord de la Suisse. Les précipitations atmosphériques y sont relativement plus abondantes, mais les jours de pluie étant moins nombreux, l'insolation est plus forte.

Dans le canton du Tessin, la surface boisée représente environ 22 $^0/_0$ de la surface totale et 32 $^0/_0$ de la surface productive. Bien que cette contrée soit riche en plantes ligneuses tant exotiques qu'indigènes, le nombre des essences importantes au point de vue forestier est assez restreint. Ce sont : le sapin, le mélèze, l'épicéa, le châtaignier, le hêtre, l'aune et le chêne. Dans certaines localités les pins et les aroles jouent un rôle, ainsi que les pins de Weymouth et de Douglas, le bouleau, le peuplier, le noisetier, le frêne, l'érable, le platane, l'acacia et le *Cytisus Laburnum* C'est sur les flancs escarpés des montagnes, sur une zone qui s'étend verticalement de 800 à 1800 m., et même par endroits jusqu'à 2300 m., que se trouvent les forêts de sapins et de mélèzes auxquels se mêle parfois l'épicéa dans les stations abritées.

L'essence la plus importante et la plus caractéristique pour le canton du Tessin est bien le *châtaignier* (*Castanea vesca*) qu'on rencontre presque partout de 210 à 1260 m. d'altitude. C'est entre 400 m. et 700 m. qu'il prospère le mieux, sauf dans les terrains très calcaires où il périclite. Aucun arbre n'est aussi répandu dans le pays que le châtaignier qui rend de grands services, tant en futaie comme arbre fruitier qu'en taillis pour son bois. Ce sont les sujets greffés de 50 à 200 ans qui donnent le meilleur rendement. Les forêts de châtaigniers fournissent aussi à l'agriculture une litière indispensable et une pâture, d'ailleurs médiocre, pour les bestiaux.

Le *hêtre* joue un certain rôle dans la partie moyenne et méridionale du Tessin, à une altitude de 280 à 1700 mètres. L'*aune blanchâtre (alnus incana)* est utile dans les couloirs et au bord des cours d'eau ; le *bouleau,* au contraire, dans les lieux arides où il prépare le terrain pour les essences plus précieuses. Le conférencier donne des détails sur les méthodes d'exploitation qui présentent de grandes différences suivant les localités. En effet, alors que dans les vallées septentrionales on rencontre des forêts réservées (faure sacre) composées de sapins et de mélèzes deux à quatre fois séculaires, dans le Sottoceneri les taillis sont exploités tous les 5 à 15 ans.

Enfin, dans un aperçu historique, M. Merz rappelle qu'au commencement du siècle dernier le canton du Tessin était très boisé grâce aux mesures préservatrices prises par les baillis. Mais lorsque l'indépendance du canton fut reconnue, le peuple et les communes se mirent à abattre des forêts entières au mépris des lois et malgré les efforts de ceux qui avaient le courage de s'y opposer. Il fallut la terrible inondation de 1868, conséquence directe du déboisement, pour convaincre le peuple de son erreur. Une excellente loi fut alors votée en 1870 et Jacob Zarro, le prédécesseur de M. Merz, fut nommé inspecteur cantonal des forêts avec mission de conserver les forêts existantes et de reboiser les vallées dénudées.

M. C. Schröter (Zurich) parle des résultats d'*une excursion faite avec* M. Rikli *dans les vallées de Bedretto, Formazza* et *Bosco.*

Influence du sous-sol : exclusivement sur quelques

affleurements de calcaire (près d'Airolo, près d'Ossasco, dans le val Corno et sur la Vordere Furca di Bosco) se trouvent : *Sesleria coerulea*, *Gypsophila repens*, *Phleum Michelii*.

Formations : 1. Forêts de mélèze ; limite supérieure très basse, environ 1800m ; dans le sous-bois de Vaccinietum *Pirola media* au-dessus de Staffelwald. 2. Forêts de bouleaux en grande étendue au-dessus de la région du châtaignier dans le val Campo. 3. Bois d'*Alnus incana* L. var. *sericea* au-dessous de Cerentino. 4. Aulnées avec *Prunus Padus* var. *petraea* sur les alluvions du Tessin dans le val Bedretto. 5. Vernées (*Alnus viridis*), très étendues sur les pentes exposées au nord.

6. La formation des « Karfluren » (herbages élevés ne couvrant pas entièrement le sol) est très richement développée, surtout comme sous-bois des « vernées » avec *Polygonum alpinum*, *Senecio Doronicum*, *Paradisia*, *Rhodiola* (Cascades della Toce), *Serratula Rhaponticum* (au-dessus de Bosco), *Anemone Burseriana*.

7. La formation des prés se montre dans les types d'association suivants :

Nardus stricta jusqu'à 2200m.

Carex curvula, déjà à 2100m au val Corno, avec *Armeria alpina* ; à 2300m à la « Vordere Furca » avec *Sesleria disticha*.

Combes de neige, avec *Saxifraga androsacea* et *Seguieri* et leur hybride au val Corno.

Agrostis vulgaris, ce type dominant des prés engraissés de la région subalpine, avec *Polygonum alpinum*, *Campanula rhomboidalis*, *rotundifolia* et leur hybride (près d'Airolo).

Poa alpina, sur les superbes prairies de Morasco,

val Gries, avec *Carex aterrima* et *Juncus Jacquini.*

Carex sempervirens, splendides pentes sauvages herbeuses (« Wildheuplanggen ») dans le val Gries ; partie supérieure, avec *Anemone baldensis, Armeria alpina*, etc.

Trifolium alpinum : toute la vallée de Gries est couverte de prairies maigres de ce type, avec un riche tapis (*Oxytropis campestris* et *lapponica*, *Hypochœris helvetica*, *Paradisia*, etc. Le même type se retrouve sous les mélèzes au-dessus de Bosco.

Carex nitida : prés secs, maigres, rappelant un peu le Valais, près d'Airolo et d'Ossasco, avec *Phleum Boehmeri*, *Polygala nicæensis*, *Veronica spicata*, etc.

8. Les *prés marécageux* sont surtout riches à 1800^{m} au-dessous de Morasco, sur les alluvions sablonneuses et inondées (*Carex microglochin*, *bicolor*, *panicea*, *Goodenovii*, *frigida*, *Davalliana*, *brunnescens*, *irrigua*, *echinata*, *pellescens*, *ampullacea*).

9. Quelques commencements de *tourbières (Hochmoor)* se montrent au-dessus d'All' Acqua, 1660^{m}. Des sphaignes avec *Drosera rotundifolia* et *anglica* et leur hybride. — *Viola palustris.*

10. La *flore des éboulis* a fourni *Campanula excisa* à la Vordere Furca, et *Ranunculus glacialis* à 2100^{m} à Bettelmatten.

11. La *flore des rochers :* ici domine *Festuca varia*, ce type répandu sur les rochers primitifs de 200^{m} (Ponte Brolla, Locarno) jusqu'à 3000^{m} (Massif de la Bernina), accompagné de *Sempervivum arachnoïdeum*, *Saxifraga Cotyledon*, *Bupleurum stellatum*, etc.

Espèces remarquables :

a) Comblant la « lacune tessinoise » :

Rhaponticum scariosum, *Oxytropis lapponica*, *Anemone baldensis*, *Carex nitida*.
(à ajouter encore *Aretia Vitaliana*, trouvé par M. Coaz au-dessus de Fusio).
b) Rares : *Alnus incana f. sericea*.
Prunus Padus var. *petraea*.
Erigeron intermedius (nouveau p. le Tessin).
Saxifraga androsacea × *Seguieri* (id.)
Drosera rotund. × *anglica* (id.)
Campanula rhomboidalis-rotund. (id.)

M. le Dr M. Rikli (Zurich). *Contributions floristiques et phytogéographiques à la flore suisse.*

M. Rikli présente : (1) une nouvelle forme de l'érable faux-platane : *Acer pseudoplatanus* L. var. *anomalum* Graf v. Schwerin f. *distans* Rikli nov. f. (1903) v. *Berichte VIII der Zürcherischen Bot. Gesellschaft* (1901-1903, p. 69-71 avec planche) et *Berichte der schweizerischen Bot. Gesellschaft* (Heft XIII, 1903, Anhang).

(2) *Coronilla Emerus* L. lusus *monophylla* Rikli nov. lus. (1903) à l'Axenstrasse. Les feuilles imparipennées se réduisent, ici en général, à la seule foliole terminale qui est relativement plus grande.

(3) *Berberis vulgaris* L. v. *alpestris* Rikli nov. var. (1903), dans les vallées alpines du Valais et des Grisons. Cette variété offre un intérêt particulier en ce qu'elle présente des points de ressemblance assez nombreux avec le *Berberis œtnensis* qui est originaire de Sicile, de Sardaigne et de Corse où il se trouve dans la région montagneuse supérieure. Il apparaît d'ailleurs, au point de vue phylogénétique, que des sous-espèces, variétés ou formes très voisines ou même identiques peuvent se produire sur des points éloignés de l'aire de

l'espèce primordiale, ou, si l'on veut, que nos petites unités systématiques ont souvent une origine polyphylétique. V. *Actes de la Soc. helvétique des sc. nat.* 1903 (Locarno).

(4) M. Rikli présente quelques remarques sur le genre *Erigeron*. a) *Erigeron neglectus* Kerner est plus répandu en Suisse qu'on ne le supposait jusqu'ici. Il n'appartient pas, comme on l'a dit à tort dans nos flores, à *E. uni- florus* L., mais bien au groupe de *E. alpinus*. L'*E. uniflorus*, qui est également une espèce assez polymorphe, possède une variété très voisine de l'*E. neglectus* avec lequel elle a été en général confondue. Cette forme convergente, décrite par l'auteur, reçoit le nom de : *E. uniflorus* L. v. *neglectoïdes* Rikli (1903).

b) L'*E. Schleicheri* Greml. n'est signalé dans nos flores qu'en Valais et dans la vallée d'Urseren (leg. Correns). L'aire de cette espèce s'étend réellement, en des stations égrenées, bien plus loin vers l'orient, à travers les Alpes tessinoises et les Grisons, jusqu'au Tyrol, où elle a été rencontrée au col du Brenner.

M. B. Freuler, inspecteur des forêts (Lugano), présente, à l'aide de l'appareil à projection, plus de quarante *vues de la végétation forestière du Tessin méridional* (*Sottoceneri*). Ces vues sont destinées à montrer plus particulièrement les rapports et l'action réciproque qui existent, dans le Tessin méridional, entre l'exploitation agricole du pays et l'aménagement des forêts et les méthodes de culture des essences forestières. M. Freuler explique, chemin faisant, la culture en abondance d'essences les plus diverses sur des terrains affectés à l'agriculture.

Le conférencier présente en outre d'autres vues représentant des particularités, telles qu'un olivier et un houx de dimensions exceptionnelles; une vieille forêt d'ifs; des pâturages couverts d'un fourré de genêts et de genèvriers; de grands hêtres servant à ombrager les troupeaux (Schattenbäume) et des arbres mutilés par les bestiaux; des haies vives remarquables; enfin des châtaigniers en futaie, en taillis, en tètard, etc.

Dr A. Bettelini. *Etudes sur la flore du Tessin méridional* (*Sottoceneri*).

La flore de cette contrée, la plus méridionale de la Suisse, offre une répartition intéressante. Les conditions orographiques très variées, le grand nombre des formations géologiques, l'immense étendue des moraines et, enfin, les conditions climatériques ont créé une région qui, suivant les localités, présente des conditions très diverses. C'est pour cette raison qu'on y trouve réunis les représentants de flores différentes : le laurier, l'olivier, les myrtes, les sapins et les rhododendrons. L'insolation, qui, dans le Tessin méridional, est d'une durée extraordinaire (insolation relative moyenne: Lugano 59 °/₀, Zürich 43 °/₀, Bâle 43 °/₀), joue dans la répartition de ces éléments un rôle énorme et sur les pentes différemment exposées à l'insolation on trouve des flores souvent complètement diverses. Un exemple typique de ces contrastes floristiques nous est offert par l'Arbostora, la colline au sud-ouest du Salvatore. Sur le côté sud de cette colline se trouvent des vignobles dans lesquels s'élèvent des oliviers et des figuiers, des lauriers et des mûriers, puis des bois de Castanea vulgaris et de Quercus cerris et d'autres plantes méridionales ;

sur le versant nord de la même colline, c'est le hêtre qui domine et on y voit de grosses touffes de Rhododendron ferrugineum qui descendent jusqu'à l'altitude de 300 m.

La nature du sol a une grande influence sur la distribution topographique de la flore. Le châtaignier, cet arbre magnifique qui contribue par ses formes et par son grand feuillage à donner au paysage sa physionomie méridionale, est une des plantes dont la répartition est liée à la nature du sol. Dans le Tessin méridional :

1° Le châtaignier se trouve à l'état normal sur les terrains acides : granit, gneiss, micaschistes, porphyres;

2° Le châtaignier manque sur les terrains dolomitiques ;

3° Lorsque la dolomie est recouverte de moraines, qui sont essentiellement siliciques dans le Sottoceneri, le châtaignier est lié à l'étendue de la moraine ;

4° Si le châtaignier se trouve sur les calcaires plus jeunes, c'est que le terrain est très pauvre en carbonate de chaux et très riche en acide silicique. Ce phénomène résulte du fait que ces calcaires (keuperien, liasique, jurassique, etc.) contiennent de la silice en quantité variable. L'eau de pluie, chargée d'acide carbonique, dissout le carbonate de chaux, tandis que l'acide silicique, moins soluble, reste dans le terrain.

A côté de la constitution chimique du sol, les propriétés physiques qui en découlent ont aussi leur importance. La dolomie est très dure, compacte ; le sol qu'elle porte est très aride, superficiel. Le chataignier ne peut pas y croître puisqu'il a des racines très profondes et a constamment besoin d'une grande quantité d'eau pour alimenter son puissant organisme et son grand feuillage.

Les calcaires plus jeunes sont moins compacts. Grâce aux agents de désagrégation, aux alluvions, etc., non seulement la nature chimique de ces terrains se modifie, mais il s'y forme aussi des couches profondes de terrains pénétrables à l'humidité et aux racines et qui peuvent par conséquent permettre le développement normal du châtaignier.

M. A. Usteri (Zurich) : *Observations sur des marchés tropicaux et leurs produits végétaux.* M. Usteri parle des produits végétaux qu'il a observés pendant son voyage aux Iles Philippines, dans les villes de Colombo, Singapore, Manille, Castelana et Buitenzorg.

M. S. Calloni, professeur à Lugano, fait une série de communications intitulées : *Notes floristiques sur Agave americana et Arum dracunculus. Morphologie des inflorescences d'Anemone hepatica. Plantes erratiques du Mont Salvatore. Les nectaires des Berbéridacées. Le fruit d'Achlys triphylla.*

N'avant reçu de l'auteur aucun renseignement sur ces communications, nous regrettons d'être dans l'impossibilité d'en rendre compte.

Zoologie.

Président : Prof. P. Pavesi, de Pavie.
Secrétaire : Dr W. Volz, de Berne.

Pavesi. Faune de la vallée d'Aoste. — Imhof. Antennes de certains insectes. Nombre des Coléoptères de la Suisse. Insectes vivant sur la neige. — Arnold Pictet. Variations des papillons provenant des changements d'alimenta ion de leurs chenilles et de l'humidité. — W. Volz. Apparition de quelques mammifères dans l'île de Sumatra. — Arnold Lang. Hybride d'Helix nemorosa et d'Helix hortensis. — Studer. Rapport annuel de la Société suisse de zoologie. — S. Calloni. Corégones du lac Majeur. — Keller. Les origines du règne animal dans le canton du Tessin. — Arnold Lang. La signification biologique de la beauté d'une partie de la faune marine.

M. le prof. Pavesi, de l'Université de Pavie, fait une communication sur la *Fauna Augustana*, c'est-à-dire de *la vallée d'Aoste.*

L'auteur montre l'importance des petites faunes locales, rappelle les limites de la région et les recherches zoologiques accomplies jusqu'ici. Elles sont presque toutes fortuites et il n'y a que très peu de naturalistes qui ont exploré systématiquement la vallée d'Aoste. L'auteur donne le catalogue raisonné des 464 espèces connues ou qu'il ajoute à la faune de ce pays. On compte parmi elles 79 vertébrés, 85 mollusques, 283 arthropodes, 9 vers et 8 protozoaires, dont l'auteur indique la distribution. Pour les autres il relève les conséquences corologiques suivantes :

1° espèces exclusives à la vallée d'Aoste : le Bouquetin, *Vitrina gaeotiformis* et *Pegorarii*, *Clausilia ventricosa* var. *augustae*, *Ischyropsalis Dentipalpis*, etc.

2° xérothermes, d'origine méditerranéenne, la *Helix Camerani*. *Mantis religiosa*, etc.

3° boréales et nivales, le *Lavius flavus*, *Otiorrhynchus alpicola*, *Phytodecta nivosa*, *Analota alpina*, *Gomphocerus icbiricus*, *Chelidura aptera*, *Prosalpia bibrachiata*, *Oligolophus alpinus*. *Porrhomma glaciale*, *Leptyphantes culminicola* et *frigidus*, *Microneta nigripes*, *Erigone remota* et *paetuta*, *Guaphosa badia*, *Diaptomus bacillifer*, *Planaria alpina*, etc.

4° accidentelles, comme le Flammant et la Cigogne blanche.

5° disparues ou qui vont disparaître, le Lynx, Ours brun, Loup, Gypaëte barbu.

M. Pavesi assure que la vallée d'Aoste est encore un champ fertile à exploiter, et il souhaite que la Société de la « Flore Valdôtaine » devienne aussi le centre des études faunistiques.

M. le Dr O. Imhof, d'Aarau, fait plusieurs communications.

La première a trait aux *antennes* de certains *insectes*, et notamment de ceux de l'ordre des Neuroptères (genre Leptocerus) qui ont de 88 à 90 articles. Il parle ensuite des *ailes de certains insectes*. La racine des ailes de la plupart des ordres est composée de plusieurs pièces articulées et chez les Hyménoptères on rencontre, en outre, une articulation au stigma de l'aile.

M. Imhof montre également des coléoptères du genre *Claviger*, dont le corps, les ailes et les pattes, regardés au microscope, sont couverts d'un grand nombre de poils bifurqués, de grandeurs inégales et distribués régulièrement.

L'auteur fait part de ses recherches pour arriver à connaître le nombre des *Coléoptères* de la Suisse ; il existe dans notre patrie : 64 familles, 154 sous-familles, 941 genres, 4460 espèces, 717 variétés, 689 espèces rares et 245 espèces très rares. Les *Hyménoptères* de la terre se divisent en : 23 familles, 191 sous-familles, 2440 genres, 42925 espèces, 1654 variétés. La plus grande famille est celle des Ichneumonés, avec 10491 espèces. Les genres les plus riches sont : Anthrena 553 espèces ; Bracon 581 ; Chrysis 582 ; Odynerus 601 ; Pteromalus 875 ; Pompilius 891 ; Mutilla 1281 ; Ichneumon 1675. Les *Mollusques* qui vivent dans les lacs de la Suisse se répartissent en 104 espèces et 88 variétés ; ils se rencontrent dans 78 lacs, classés, d'après leur altitude, en 5 régions.

Pour terminer, M. Imhof indique quels sont les insectes qui vivent en hiver, *sur la neige*, et qu'il a trouvés dans la plaine et sur le Jura argovien, de 1900 à 1903 : 4 appartiennent à la classe des Crustacés ; 7 à celle des Arachnides ; 1 à celle des Myriapodes et 56 à celle des Insectes. Parmi les insectes, l'auteur cite : 1 Thysanoure, 3 Collemboles, 2 Neuroptères, 1 Pseudonévroptére, 4 Orthoptères, 11 Rhynchota, 18 Diptères, 2 Lépidoptères, 12 coléoptères et 2 Hyménoptères. Il a constamment rencontré ces insectes dans leur vie normale, ainsi que des larves de Coléoptères et de Lépidoptères en migration. Les cigales trouvées sont souvent sans ailes.

M. Arnold PICTET, de Genève, communique les résultats de ses nouvelles recherches sur les *variations des papillons provenant des changements d'alimentation de leurs chenilles et de l'humidité.*

Les nouvelles expériences que M. Pictet a entreprises, cette année, tendent à montrer que, dans la nature, certaines aberrations connues proviennent d'un changement de l'alimentation habituelle de leurs chenilles. C'est ainsi qu'on rencontre dans la nature une forme aberrante de *Abraxas Grossulariata* chez laquelle la bande brune fait presque défaut et chez qui les taches noires sont moins grandes. M. Pictet a obtenu, artificiellement, une forme analogue après deux générations d'élevage de chenilles de cette espèce avec du *Fusain* (*Evonymus*), au lieu de Groseiller. Or, depuis quelques années, on a signalé la présence des chenilles de Grossulariata, en liberté, sur l'Evonymus, et l'auteur pense que ce changement de nourriture est, après quelques générations, la cause de formation de cette aberration.

M. Pictet a obtenu l'*ab. urticoïdes* de *Vanessa Urticæ* en élevant les chenilles de cette espèce avec des *fleurs d'orties*, au lieu de feuilles. Cette aberration se rencontre dans la nature, à l'état libre et provient de ce que, souvent, de jeunes chenilles naissant dans un buisson, où d'autres, plus âgées, ont déjà ravagé toutes les feuilles d'orties, sont forcées de se contenter des fleurs qui, seules, restent à leur disposition. M. Pictet a été témoin d'un cas semblable.

Les caractères produits par le noyer et par la pimprenelle (*Poterium*) sur *Biston hirtarius* (nourriture normale : chêne) sont à peu près les mêmes que ceux produits par ces deux plantes sur *Ocneria Dispar*, dont la nourriture normale est également le chêne, caractères que l'auteur a obtenus et décrits l'année dernière.

Influence de l'humidité. L'atmosphère saturée d'hu-

midité et les périodes pluvieuses ont une certaine influence sur la formation des couleurs des ailes des papillons. M. Pictet en a étudié les effets sur deux espèces à développement rapide, sur *Vanessa Urticæ* et *Polychloros*. Les chenilles adultes qui mangent des feuilles constamment humides, et cela pendant une période relativement courte (8 à 10 jours) donnent des papillons dont les dessins sont très marqués. Chez *Vanesa Urticæ*, en outre, la seconde tache noire du bord supérieur est reliée à la tache noire du bord interne par un *dessin noir*, qui n'existe pas chez les typiques. Chez *Vanessa Polychloros*, les taches noires du centre de l'aile sont accompagnées de dessins semblables. On trouve dans la nature des exemplaires qui présentent ces caractères.

Une période humide peut se présenter pendant la nymphose. M. Pictet a mis des chrysalides de *Vanessa Urticæ*, pendant huit jours seulement, dans une atmosphère saturée d'hmidité et les papillons qu'elles ont donnés avaient tous les nervures marquées en noir, la bordure très noire et les taches bleues peu visibles, ce qui ne se rencontre pas chez les papillons typiques.

Les chenilles, qui sont dans la période de mue transitoire entre l'état larvaire et la nymphose, sont excessivement sensibles à l'humidité. Cette période, pour *V. Urticæ*, ne dure que de 36 à 48 heures. Les papillons que M. Pictet a obtenus avec cette expérience présentent de grandes variations, en ce sens qu'une large bande jaune traverse l'aile supérieure en son entier et se retrouve jusqu'à la moitié de l'aile inférieure. Suivant les degrés d'humidité, cette bande est plus ou moins bien marquée. L'auteur n'a jamais trouvé des

aberrations de ce genre dans la plaine; mais il en a trouvé dans les Alpes, ce qui prouverait que les brouillards, qui pénètrent jusque dans les endroits les plus abrités où les chenilles vont se chrysalider, en seraient la cause.

Les effets de longues périodes pluvieuses sur les espèces à développement lent ont été étudiés par M. A. Pictet sur *Ocneria Dispar*.

M. le Dr W. Volz, de Berne, fait une communication sur *l'apparition de quelques mammifères dans l'île de Sumatra*.

Siamanga Syndactylus et *Hylebates agilis*, les seuls représentants des Hylebatides à Sumatra, sont, dans le Palembang, séparés par de grands fleuves. Un porc, voisin du *Sus barbatus*, ne se trouve que sur les territoires d'Indragiri, de Djambi et du nord de Palembang. Il entreprend chaque année des migrations de la côte dans l'intérieur, pendant lesquelles il traverse, à la nage et par bandes, les plus grands fleuves.

M. le prof. Dr Arnold Lang, de Zurich, communique les résultats de ses recherches sur un *Hybride d'Helix nemorosa et d'Helix hortensis*.

(Nous n'avons pas reçu de compte rendu de cette communication.)

M. le prof. Dr Studer, de Berne, président de la *Société suisse de Zoologie*, présente le rapport annuel de cette Société.

Le but principal de la Société étant d'étendre le plus possible les connaissances sur la faune de la Suisse,

le présent rapport se bornera à l'énumération des travaux qui ont été publiés sur ce sujet, pendant cette année.

1° *Faune générale.* Heuscher : « Untersuchungen über die biologischen und Fischerei verhältnisse des Klœnthalersees. Zurich 1903 ». Description des conditions topographiques et biologiques d'un lac formé à une époque relativement récente.

2° *Protozoaires.* Penard : « Faune rhizopodique du Bassin du Léman ». Genève 1902. Œuvre importante, accompagnée de figures explicatives. La faune rhizopodique du Bassin du Léman paraît embrasser la plupart des faunes de l'Europe centrale. Le même : « Sur quelques *Protistes* voisins des Héliozoaires et des Flagellates ». *Archiv für Protistenkunde*, 2e vol. 1903, et « Multicilia lacustris », *Revue suisse de zoologie*, 1903.

3° *Cœlentérés.* Maurice Trembley : « La découverte des Polypes d'eau douce, d'après la correspondance inédite de Réaumur et d'Abraham Trembley ». Genève, 1903.

4° *Annélides.* Bretscher: « Beobachtungen über die Oligachæten der Schweiz ; VI, *Revue suisse de Zoologie*, tome 10, 1902 et VII, tome 11, 1903. « Oligachæten aus Graubünden », d'après les collections du Dr Karl, *Revue suisse de Zoologie*, tome 11, 1903.

5° *Arthropodes. Myriapodes.* Fæs : « Monographie des Myriapodes du Valais », *Revue suisse de Zoologie*, tome 10, 1902. (101 espèces). Rothenbühler : « Die von Dr Karl gesammelten Myriapoden des schweizerischen Rheingebietes », *Revue suisse de Zoologie*. — *Insectes.* « Fortsetzung des Cataloges schweizerischer Apiden, durch Frey-Gessner, *Schweiz. entomolog. Nachrichten*, 1902.

6° *Vertébrés. Oiseaux.* Fischer-Sigwart : « Ornithologische Beobachtungen wärend des Jahres 1902 » : Oiseaux de proie, voiliers, hirondelles, pigeons, gallinacés, pics et oiseaux aquatiques dans *Thierwelt* 1903 ; coucous, merles, étourneaux et oiseaux-mouches, dans *Ornitohlog. Beobachter*, 1903. — G. von Bung : « Phyllopneuste Bonelli im schweizer. Jura, 3e *Rapport annuel de la Société ornithologique*, Munich 1901-1902. — Greffin : « Observations dans les environs de Soleure, du 1er avril au 31 décembre 1902 », *Ornithol. Beobachter* 1903. — *Mammifères.* Victor Fatio : « Nouveautés mammologiques tessinoises », *Revue suisse de Zoologie*, tome 10, 1902.

La Société a eu le regret de perdre le Dr Alfred Kaufmann, professeur d'histoire naturelle au Gymnase de Berne, décédé le 23 mars 1903, à l'âge de 46 ans. Le Dr Kaufmann était une autorité dans le domaine des Ostracodes. Nous avons de lui la belle monographie : « Cypriden und Darwinyliden der Schweiz », *Revue suisse de Zoologie* 1900, tome 8.

M. le Dr S. Calloni, de Lugano, fait une intéressante communication sur quelques espèces nouvelles pour la faune du Tessin et en particulier sur les *Corégones du lac Majeur.*

(Nous n'avons pas reçu de compte rendu de cette communication.)

M. le Prof. Dr Keller, de Zurich, fait à la seconde assemblée générale une conférence sur *les origines du règne animal dans le canton du Tessin.*

Un certain nombre d'auteurs ayant, depuis de longues années, éclairci l'origine de la faune en Suisse, il ne s'agit plus maintenant que de rechercher les faits

particuliers à celle du Tessin. On sait que la continuité de la vie organique dans les Alpes fut, à la fin de l'époque tertiaire et ensuite, pendant l'époque glaciaire, sinon entièrement, du moins en grande partie interrompue. Les glaciers qui se formèrent dans le sud de notre pays s'étendirent aussi jusqu'en Lombardie. Pendant l'époque post-glaciaire, des quantités d'animaux, arrivant par des routes que nous n'avons pu reconstituer jusqu'ici dans tous leurs détails, mais dont nous connaissons les grandes lignes, reprirent peu à peu possession de notre territoire.

La *faune aquatique* est très développée dans les lacs du Tessin, mais elle s'écarte sensiblement de celle des lacs frontières des Alpes du Nord. C'est seulement dans les temps modernes qu'il fut donné à l'homme d'ajouter les corégones à la faune des lacs tessinois. En revanche, il manque dans les lacs du nord des Alpes toute une série de poissons du Tessin, dont la migration peut paraître récente et qui présentent encore distinctement les caractères maritimes. Parmi eux, nous comptons une sorte de hareng, ou sardine d'eau douce, qui, sous le nom d'*Agoni (Alosa finta)* est l'objet d'une pêche lucrative dans le lac de Lugano et dans le lac Majeur. Cette espèce ne se déplace plus, tandis que la *Cheppia (Alosa vulgaris)* entreprend encore des migrations. Comme nous connaissons encore, dans les lacs de la haute Italie, toute une série d'animaux qui présentent des caractères absolument maritimes, tels que *Blennius vulgaris*, parmi les crustacés, *Pyrgula annellata*, parmi les mollusques, nous nous demandons comment ces habitants des mers ont pu arriver si nombreux dans la région des lacs.

La faune du pays renferme des éléments très hété-

rogènes. Mais, avant tout, il faut exclure de ces types d'animaux ceux qui ont été importés par l'homme dans un temps relativement récent. Ainsi, la culture de l'olive a été cause de l'apparition fréquente d'*Hylesinus Oleïperda;* le murier nous a amené un gênant parasite : *Diaspis pentagona*, originaire du sud. Les sériculteurs ont enrichi la faune tessinoise d'un magnifique papillon, originaire de l'Asie orientale, complètement acclimaté maintenant à l'état sauvage, l'*Attacus cynthia* dont les œufs furent amenés en Europe, pour la première fois, en 1856.

Parmi les animaux sauvages, les éléments arctiques ne manquent pas dans le Tessin, malgré sa situation méridionale. Ils proviennent de colonies qui, à cause de l'élévation de la température, après l'époque glaciaire, se séparèrent du contingent principal, et, remontant vers le nord, se retirèrent dans les régions alpines où ils trouvèrent de suite leurs conditions naturelles d'existence. Le bouquetin, dont il faut rechercher le type primitif dans le bouquetin de Sibérie, a, depuis longtemps, disparu du Tessin, et manque, du reste, dans toute la Suisse. Par contre, le lièvre des Alpes *(Lepus variabilis)* est fréquent dans les plus hautes vallées des Alpes. Récemment encore on pouvait observer, en grand nombre, et dans la partie supérieure du val Bedretto, à 2200 m. d'altitude, le chouca des Alpes et *Fringilla nivalis*. Parmi les reptiles, il y a le lézard vivipare *(Lacerta vivipara)* probablement d'origine septentrionale qui doit être considéré comme un reste de l'époque glaciaire et que l'auteur a rencontré plusieurs fois dans le val Bedretto, de 1700 à 1800 m. d'altitude.

Un papillon *(Doritis apollo)*, originaire de l'Altai,

se rencontre fréquemment dans le val Bosco et dans le val Campo, ainsi qu'un coléoptère, originaire de Sibérie *(Tomicus cembræ)*. Dans le voisinage d'Allaqua, l'auteur a remarqué aussi un orthoptère (*Acridium sibiricum*) dont la patrie d'origine est encore la Sibérie.

Le scorpion (*Scorpio europæus*) d'origine méditerranéenne, ainsi que *Phytoptus ilicis*, sont fortement représentés dans le Tessin. Il en est de même d'un myriapode (*Scutigera coleoptrata*), qui se rencontre si communément sur la Riviera italienne.

La faune entomologique du Tessin comprend une foule d'espèces d'origine méditerranéenne. Parmi les coléoptères, il convient de citer *Luciola italica* et *Cerambyx heros*. Parmi les Lépidoptères : *Thais polyxena*, attrapé au Monte Bré ; *Saturnia Pyri*, devenu très commun aux environs de Locarno et de Lugano ; la processionnaire du Pin (*Cnethocampa pityocampa*), une espèce tout a fait méditerranéenne, qui s'étend considérablement vers le nord pour exercer ses ravages. Les orthoptères ont comme représentant une espèce qui provient de l'Afrique, *Mantis religiosa*, dont un exemplaire fut capturé, pendant la réunion de cette année de la Société helvétique des Sciences naturelles à Locarno, par le prof. Pavesi, à la Madone del Sasso.

Pour terminer, M. le prof. Keller décrit les mœurs de quelques espèces d'Hyménoptères, de celles qui produisent les curieuses galles des arbres et des plantes. Ces insectes, originaires du sud, se rencontrent maintenant fréquemment dans le genre *Cynips*. L'auteur décrit spécialement, avec des planches de grandeur naturelle, les galles de trois de ces intéressants insectes : *Cynips argentea* (Monte Bré, près de Locarno), *Cynips cerricola* et *C. Calycis* (Lugano).

M. le prof. Dr Arnold Lang, de Zurich, fait à la même assemblée générale une seconde conférence sur *la signification biologique de la beauté d'une partie de la faune marine.*

Beaucoup d'animaux marins inférieurs nous paraissent beaux parce qu'ils ressemblent à des plantes et à des fleurs. Les zoologistes savent que cette apparence est la conséquence d'un mode spécial de vivre, particulier à un petit nombre d'espèces de la faune aquatique et spécialement marine : la *vie sédentaire.* Les Zoophytes, dont le nom signifie *animaux-plantes*, ont souvent l'aspect d'arbutes et la ressemblance de beaucoup d'entre eux avec des plantes est telle, que pendant longtemps, ils furent considérés par les naturalistes comme intermédiaires entre les deux règnes vivants de la nature.

Mais, comment ces animaux *fixés* arrivent-ils à se nourrir, puisqu'ils n'ont pas la faculté de la locomotion pour aller chercher leur proie ? Pour ceux qui vivent dans les grandes profondeurs, là où la lumière ne pénètre jamais et où la végétation fait complètement défaut, la nourriture consiste presque exclusivement en détritus de toutes sortes. Ils forment quelquefois de véritables forêts, et chaque individu a la bouche, toujours ouverte, dirigée en haut et entourée d'une belle couronne de tentacules rayonnants, disposés dans toutes les directions, en forme d'entonnoir. Ces tentacules sont recouverts de cils en mouvement qui provoquent un courant d'eau, dirigé vers la bouche, et qui entraîne, avec lui, les parcelles nutritives avoisinantes.

Une autre ressemblance entre plusieurs de ces animaux sessiles et les plantes, est la faculté qu'ils ont de se reproduire par *bourgeonnement.* Les individus, souvent

très nombreux, engendrés de cette manière, au lieu de se séparer, restent fixés les uns aux autres, formant ainsi des faisceaux ou colonies animales, qui prennent l'aspect de petits arbrisseaux et de toutes les variétés de formes végétales.

Ces colonies présentent souvent le phénomène de la *phosphorescence*. Excités par diverses causes, les individus de ces colonies répandent une lumière plus ou moins intense et de colorations diverses. Il a été émis l'hypothèse, qui n'est cependant pas encore scientifiquement démontrée, que la lumière produite par ces singuliers polypes pourrait bien servir, spécialement la nuit et dans les grandes profondeurs, à attirer les petits animaux, tels que des infusoires, des crustacés ou des larves, errant dans le voisinage.

L'architecture régulière, qui caractérise la beauté des animaux fixés, se montre également chez d'autres animaux libres, dont les plus connus appartiennent à la division, exclusivement marine, des *Echinodermes*. Ce sont des animaux incomparables par leur forme et par leurs couleurs. Généralement ils restent cramponnés aux buissons de corail, mais quelquefois ils s'en détachent et nagent librement. Chez les *Méduses*, à la beauté de l'architecture à rayons si variés, à la splendeur des couleurs et à l'agilité si gracieuse, vient se joindre une qualité bien plus attrayante et qui est la caractéristique de presque tous les animaux marins dits *pélagiques* : c'est la *transparence*. Tout un groupe de bêtes marines présentent ce phénomène d'être transparentes et c'est leur limpidité cristalline, ainsi que l'absence complète de coloration qui font qu'elles ont l'avantage de ne pas être distinguées dans l'eau am-

biante, de ne pas être vues de leurs ennemis et de pouvoir s'approcher, inaperçues, de leurs victimes!

La faune pélagique est également composée d'êtres infiniment petits, souvent microscopiques, qui se meuvent difficilement, et qui constituent la faune dite *flottante*. L'étude microscopique de cette faune nous révèle tout un monde d'une intime beauté. Parmi eux, il convient de citer, en première ligne, les *Protozoaires*, chez lesquels le squelette forme de très longues prolongations, rayonnant dans toutes les directions, ornées de minces petites lames, qui, grâce à leur frottement contre le corps dont le poids spécifique ne dépasse pas sensiblement celui de l'eau, permettent à l'animal de rester suspendu.

Géologie.

Président : M. le prof. E. Renevier.

Pometta. Restes de races humaines préhistoriques. — Imhof. Carte hydrographique de la Terre. — D[r] Calloni. Ancienne moraine du S. Salvator et dépôts pléistocènes de cette région.

Vu l'attraction exercée sur les géologues suisses par le Congrès international de géologie à Vienne, la réunion de la section a été relativement peu nombreuse.

M. Pometta, ingénieur, fait une communication sur des *restes de races humaines préhistoriques* étudiés par lui et présente une série d'intéressantes photographies.

M. O.-E. Imhof expose une *carte hydrographique de la Terre*, sur laquelle sont indiqués d'une part les limites des eaux entre les divers bassins des mers, d'au-

tre part les territoires dont les eaux ne s'écoulent pas vers la mer, au moins superficiellement.

Le plus grand de ces territoires sans écoulement superficiel à la mer est celui qui s'étend depuis le voisinage de la Mer Baltique par la Russie et l'Asie centrale jusque près de la Mer Jaune. Un autre bassin fermé beaucoup moins considérable comprend une partie de l'Asie mineure et de l'Arabie. En Afrique l'on en compte trois; en Australie, la région occidentale représente un grand territoire sans écoulement à la mer. L'Amérique du Nord comprend quatre de ces bassins fermés, dont deux se trouvent à l'est de la ligne de partage des eaux pacifico-atlantique à la latitude du golfe de Californie, tandis que les deux autres sont situés plus au nord et à l'ouest de la ligne de partage des eaux. Dans l'Amérique du sud un premier bassin fermé, divisé en trois bassins secondaires, s'étend du nord au sud le long des Cordillières, un second s'étend de l'ouest à l'est, entre les Cordillères et Baia Bianca.

La carte de M. Imhof a été composée d'après les données de l'Atlas Kiepert et d'après des cartes spéciales.

M. le Dr Calloni donne quelques renseignements sur l'*ancienne moraine du S. Salvatore et sur les dépôts pléistocènes de cette région*. Il expose un certain nombre d'échantillons de végétaux provenant de ces formations et cherche à démontrer qu'à l'époque post-glaciaire le massif du S. Salvatore a dû être entouré non pas d'un grand lac unique, mais de plusieurs petits lacs séparés.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 juin 1903.

Duparc et Pearce. Nouveau groupe d'amphiboles. — Tommasina. Cohéreurs autodécohérents.

En étudiant les roches éruptives de Kosswinsky, MM. Duparc et Pearce, ont rencontré dans une roche filonienne traversant la dunite et appelée par eux dunite filonienne, *une amphibole spéciale*, dont les caractères optiques, tout en la rattachant au groupe de la hornblende, en faisait une individualité minéralogique distincte. En effet cette amphibole très polychroïque, se distingue de la hornblende véritable par la valeur particulière de ses indices de réfraction, comme aussi par la valeur de la biréfringence et de l'angle des axes optiques. De nombreuses expériences faites au réfractomètre de Wallerant ont permis en effet de déterminer pour les indices les valeurs suivantes, sur deux variétés récoltées dans deux roches du même type mais dont l'une traversait en filon la dunite, l'autre la kosswite.

Orientation de la Section	n_g	n_m	n_p	$n_g\ n_p$	$n_g\ n_m$	$n_m\ n_p$
Sn_p	1,6806	1,6701	1,6593 1,6590	0,0215	0,0105	0,0110
Sn_p	1,6856	1,6765	1,6628 1,6627	0,0228	0,0091	0,0137

Ces valeurs comme on peut le voir sont un peu supérieures à celle de la hornblende commune, et à ce point de vue, par conséquent, communiquent à cette amphibole une individualité particulière; d'autre part la valeur de l'angle des axes optiques pour la lumière jaune mesurée directement pour la première de ces amphiboles = 99°, pour la seconde la valeur mesurée est de 82,5°. Le polychroïsme est le suivant :

ng = verdâtre foncé.
np = jaune-verdâtre très pâle.
nm = verdâtre.

Cette amphibole a été isolée au moyen de liqueurs lourdes et soumises à un triage absolument parfait, en sorte que le produit analysé, vérifié sous le microscope, ne contenait aucune trace d'impureté. Cette roche appartient au type le plus basique connu des hornblendes communes à 40 °/₀ environ de silice, toujours caractérisé par une faible présence d'alcali (de 1 à 2 °/₀).

Les recherches que nous avons faites sur les analyses publiées à ce jour des différentes amphiboles nous ont montré que celle dont il s'agit se rapproche beaucoup par sa composition des variétés d'ouralisation. Nous avons proposé le nom de « Soretite » pour l'amphibole dont nous venons de donner l'étude optique et chimique, et nous démontrerons ultérieurement que les soretites forment non pas une espèce, mais un groupe, dans les hornblendes communes.

M. Th. TOMMASINA fait hommage à la Société d'un exemplaire de sa note parue dans les *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris* de la séance du 1er mai 1899, et communique que par cette note est établie sa priorité pour la construction du premier type de cohéreur à goutte de mercure entre électrodes métalliques, et pour la constatation de la très grande sensibilité de ce cohéreur. Cette revendication de priorité est faite parce que M. Marconi vient de communiquer que c'est avec un cohéreur de ce

type et à l'aide de la réception téléphonique qu'il a pu entendre le 11 décembre 1901 les premiers signaux à travers l'Atlantique. Ces signaux, comme l'on sait, étaient émis par la station de Poldhu, cap Lizard (Angleterre), et reçus à Terre-Neuve (Amérique), à l'hôpital de Signal Hill, distance 3500 kilomètres. M. Marconi avait attribué l'invention du cohéreur à mercure, dit de la marine royale italienne, au lieutenant de vaisseau Solari, récemment son collaborateur. A la suite de cette déclaration eut lieu une polémique pour revendication de priorité qui finit par établir que le cohéreur à mercure avait été inventé par un sous-officier sémaphoriste M. Castelli.

M. Tommasina lit quelques lignes des Comptes rendus de la Société t. XVII, p. 35, du 3 mai 1900, où il avait cité un autre type de ses cohéreurs auto-décohérents constitué par une goutte de mercure placée entre deux cylindres de charbon. Or dans le volume publié par le capitaine Q. Bonomo, contenant la description des expériences et des appareils utilisés par la marine italienne du 1er septembre 1900 au 18 mai 1901, à la table XIV, la fig. 5 représente ce type de cohéreur avec l'indication, décohération nette, sensibilité grande, réglage très facile. En outre, dans le même volume, il est dit que le cohéreur à mercure n'a été proposé par M. Castelli qu'en janvier 1901.

M. Tommasina vient de recevoir une lettre du ministre de la marine d'Italie qui déclare que ses travaux étaient connus au ministère et que la priorité de l'invention de ces cohéreurs ne peut lui être contestée. M. Tommasina présente un de ses anciens cohéreurs à mercure, constitué par deux cylindres de fer oxydés à la flamme, mais dont les facettes entre lesquelles se trouve la goutte de mercure sont polies ; il fait observer que l'imperfection du calibrage intérieur des tubes en verre permet à des traces de mercure de se propager, et c'est une des raisons que lui avait fait préférer pour l'étude des orages lointains les cohéreurs à charbon, une autre raison plus importante est l'oxydation trop rapide du mercure qui diminue la sensibilité et la régularité du fonctionnement de ce récepteur, ce qui n'est pas le cas pour ceux à charbon.

M. Tommasina dit que pour la télégraphie sans fil à très grande distance, son système à réception téléphonique qu'il a étudié dès 1898[1], est aujourd'hui utilisé par M. Marconi même et par tous les radiotélégraphistes, à cause de la simplicité du dispositif, du réglage plus facile et de la grande sensibilité. Il sert pour établir la première communication, pour la rétablir immédiatement lorsque le système à relais ne marche plus, pour contrôler ce dernier système, et enfin pour le remplacer complètement lorsqu'on ne réussit pas à le régler.

Il est ainsi établi que par des expériences de laboratoire, conduites avec soin et exécutées avec la plus grande attention, l'on peut reconnaitre la sensibilité d'appareils que la pratique a démontré pouvoir déceler des actions produites à 3500 km. de distance. M. Tommasina ajoute que le nouveau récepteur Marconi, le *détecteur magnétique* n'actionne point le relais et ne peut être utilisé qu'avec le système électro-radiophonique.

Séance du 2 juillet.

Karl. Organe embryonnaire chez un Collembole. Sur une ligne faunistique dans les Alpes suisses.

Dr J. Carl. *Sur un organe embryonnaire chez un Collembole.*

Les insectes Apterygotes, Tysanoures et Collemboles, sont ametabols : l'insecte qui vient d'éclore ne se distingue extérieurement de l'adulte que par sa taille et certaines proportions du corps. Tout l'état larvaire, très abrégé, se passe donc dans l'œuf. L'embryon est entouré dans ses derniers stades comme chez les Arachnoïdes et chez les Myriapodes d'une cuticule larvaire, sécrétée par l'épiderme et l'enveloppant comme un large manteau, n'adhérant pas au corps dans toute son étendue. L'embryon sort de l'œuf

[1] *Compte rendu de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, t. XVI, p. 8. Séance du 5 janvier 1899.

avec elle et ne la quitte que deux ou trois jours après l'éclosion, lorsque la première mue s'effectue. L'éclosion a été observée par Lemoine[1] chez l'*Anurophorus laricis* Nic. La rupture du chorion se fait ici par des mouvements extensifs de l'embryon accompagnés d'une contraction de la membrane amniotique; l'embryon ne possède pas un organe spécial pour fendre la coquille qui l'entoure. Comme le chorion se fend à une place correspondant à la région dorsale de l'embryon, celui-ci sort de l'œuf en reculant, l'abdomen en avant. Sommer[2] a décrit l'éclosion chez la *Podura plumbea* L. Il vit apparaître tout d'abord dans la fente de la coquille quatre aiguillons disposés en croix avec leurs pointes convergentes en dehors. L'auteur les regarde comme un appareil servant à casser les enveloppes de l'œuf, comme des « Eizähne » appartenant à la cuticule larvaire chitineuse de l'embryon. Malheureusement, il néglige de préciser leur forme sur l'animal.

Sous une forme bien différente, cet organe se présente chez une autre espèce de Collembole, l'*Entomobrya nivalis*. J'ai trouvé vers la fin de l'automne des œufs de cette forme qui contenaient des embryons au dernier stade, prêts à éclore. Ces embryons sont déjà pourvu de tous leurs appendices et sont enveloppés de la cuticule larvaire. Ils portent tous sur la ligne médiane de la tête, depuis la bouche jusqu'au vertex, une sorte de peigne chitineux, composé de 28 a 30 dents aiguës, qui se touchent à leur base. Le développement de cette annexe n'est pas en proportion avec la taille de ces embryons et peut être qualifié d'excessif. Il s'agit là d'un organe provisoire; aucun des nombreux adultes que j'ai eu sous les yeux ne le possédait. Il faut donc admettre qu'il disparaît comme celui de *Podura plumbea* avec la cuticule larvaire à la première

[1] M. Lemoine. Recherches sur le développement des Podurelles. *C. R. de l'Assoc. franç. pour l'avancement des sciences*, La Rochelle 1882.

[2] Alb. Sommer. Ueber Macrotoma plumbea. *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, Bd. 41, 1885.

mue après l'éclosion. L'embryon prêt à éclore doit s'en servir pour fendre le chorion de l'œuf en exerçant des mouvements verticaux avec la tête. Cette interprétation est appuyée par le fait que l'Entomobrya nivalis apparaît pendant la saison rigoureuse, ce qui nécessite pour les œufs une certaine protection, qui leur est offerte par une coquille épaisse et résistante. Il s'agit donc là d'une adaptation à des conditions d'existence toutes spéciales, ce qui explique le degré de développement de cet organe chez l'*Entomobrya nivalis* [1]. Il faut admettre que c'est ici, contrairement à ce qui a été observé chez l'*Anurophorus*, la tête de l'animal qui sort la première de l'œuf. Comme nous connaissons un certain nombre d'espèces de Collemboles qui vivent exclusivement ou de préférence sur la neige, il serait intéressant de pouvoir examiner les derniers stades embryonnaires au point de vue de cet organe. De même pour les formes qui apparaissent pendant toute l'année une comparaison entre les embryons d'été et les embryons d'hiver serait désirable.

L'organe que les auteurs allemands désignent sous le nom de « Eizahn » et qu'on connaît depuis longtemps chez les oiseaux et les reptiles semble être assez fréquent chez les Arthropodes. Les cas suivants ont déjà été signalés : Chez les Phalangides il se trouve entre les yeux et la base des chélicères sous forme d'une épine impaire. Les araignées *Tegenaria domestica*, *Attus floricola*, et un *Xisticus* montrent à la base des deux pédipalpes une plaque chitineuse portant une épine dont la pointe est dirigée en dehors. Purcell a observé que c'est en effet à cette place que se forme la première fente dans le chorion. Chez le *Geophilus*, Metschnikoff a trouvé une dent sur la cuticule larvaire là où celle-ci recouvre la maxille postérieure. Partout il disparaît après l'éclosion avec la cuticule larvaire. Parmi les Insectes Pterygotes enfin, il est cité pour

[1] Tout récemment Peyerimhoff a décrit un organe analogue chez l'embryon de *Stenoposcus crucialus* L. *Annales Soc. entomol. de France*, 1901.

les genres *Pentatoma*, *Osmylus*, *Phryganea Epitheca* et *Libellula*. Nulle part cependant, à en juger d'après les descriptions et les figures des auteurs, il ne semble être si bien développé et si compliqué que chez l'*Entomobrya nivalis*.

Dr J. Carl. *Sur une ligne faunistique dans les Alpes suisses.*

Pour la solution des problèmes zoogéographiques certains groupes d'animaux se sont montrés plus importants que d'autres. Ce sont surtout les animaux peu mobiles et très dépendants des facteurs climatériques qui nous donneront de bons renseignements sur la faune primaire d'une contrée. Un groupe qui peut réclamer cette importance sont les Diplopodes. Leur répartition horizontale et verticale dans les Alpes suisses est assez bien connue grâce aux travaux de Fæs, Rothenbühler, Verhœff et quelques recherches que j'ai faites pendant les dernières années dans les Grisons. Il en résulte que les Alpes des Grisons ont une Faune de Diplopodes bien différente de celle qui habite la plaine et le reste des Alpes suisses, ce qui m'a conduit à tracer dans cette partie de nos Alpes une ligne faunistique, séparant deux faunes de provenance différente. Voila les faits sur lesquels ma conception se base :

La Suisse possède onze espèces du genre *Polydesmus*. La forme la plus connue et la plus répandue, *Polydesmus complanatus* L., habite la France, l'Allemagne, le nord de l'Europe, l'Autriche au nord du Danube, le Plateau et les Alpes suisses, excepté l'Engadine. Encore commune dans la vallée du Rhin supérieur, elle s'arrête nettement à l'ouest de la chaîne de montagnes Albula-Silvretta. En Engadine elle est remplacée par une espèce voisine, le *P. illyricus* Verh., laquelle n'est connue dans aucune autre partie de la Suisse, mais représente l'espèce dominante au sud de l'Autriche, autour de l'Adriatique et au Tyrol, allant au nord jusqu'à la ligne du Danube, où elle rencontre de nouveau le *P. complanatus*. C'est le seul *Polydesmus* jusqu'à présent connu de l'Engadine. *Polydesmus helveticus* et *subinteger* ont encore été constatés

dans la vallée du Rhin aux environs de Coire : ils semblent avoir ici leur limite orientale. Le *P. denticulatus* dont la répartition géographique en Suisse correspond à celle du *P. complanatus* se trouve encore à Davos et Bergün, mais s'arrête ici sans franchir la chaîne de montagnes qui sépare ces stations de l'Engadine. Il est intéressant de le voir ensuite réapparaître au Tyrol, où il semble même fréquent. Il contourne donc l'Engadine, comme paraît aussi le faire un Gloméride, le *Glomeris ornata*.

Pour les Polydesmides, la chaîne de montagnes qui sépare l'Engadine du reste des Alpes suisses forme donc une limite zoogéographique très nette : A l'ouest d'elle un certain nombre d'espèces trouvent leur limite orientale, à l'est, dans la vallée de l'Inn supérieure, on rencontre la première espèce orientale du genre, le *Polydesmus illyricus*. L'Engadine même appartient donc déjà aux Alpes orientales, dont elle n'a cependant reçu qu'une seule forme.

La famille des *Chordeumides* est représentée dans le reste des Alpes suisses par onze espèces, dont deux seulement, les plus répandues, se retrouvent dans les Grisons. Par contre nous voyons apparaître ici l'escouade des formes orientales avec dix espèces, qui en grande partie se retrouvent dans les Alpes tyroliennes. Dans cette famille, non seulement les espèces, mais même les genres se substituent lorsqu'on passe des Alpes centrales aux Alpes rhétiennes. Dans ces dernières apparaissent les genres : *Trimerophoron*, *Oxydactylon*, *Heperoporatia*, *Oretrechosoma*, *Rotenbühleria*. Contrairement aux Polydesmides, les Chordeumides orientales ne s'arrêtent pas dans l'Engadine, mais une partie a envahi tout le territoire du Rhin supérieur, les vallées de l'Albula, du Hinterrhein, de Davos, etc., tout en y étant moins fréquentes qu'en Engadine. Ce sont des avant-gardes qui ont franchi la ligne faunistique principale.

D'après leur faune de Polydesmides les vallées du Rhin supérieur et de ses affluents appartiendraient à l'ouest, d'après la faune des Chordeumides à l'est. Elles forment

donc une zone de transition avec une faune hétérogène, où les postes les plus avancés des deux côtés se rencontrent. Le fait que la limite n'est pas aussi nette pour les Chordeumides que pour les Polydesmides, et l'invasion vers l'ouest des premières s'explique facilement par la distribution verticale des deux groupes. Les Polydesmides habitent surtout les vallées et les pentes des montagnes jusqu'à 1800 ou 2000 m., tandis que les Chordeumides sont des formes alpines par excellence allant jusqu'au-dessus de 3000 m. Pour elles la barrière topographique n'existait donc pour ainsi dire pas. Aussi les conditions climatériques deviennent-elles dans les Alpes toujours plus uniformes, au fur et à mesure qu'on monte du fond des vallées vers les cimes qui les entourent. Les différences de climat entre deux régions des Alpes sont beaucoup plus accentuées dans la zone des Polydesmides que dans celle des Chordeumides, ce qui favorise également les migrations de ces derniers en comparaison aux premiers. Les deux espèces orientales qui vont le plus loin vers l'ouest, jusque dans les Alpes du Tessin, *Trimerophoron rhäticum* et *Orotrechosoma alticola* sont en effet celles qui habitent les plus grandes altitudes. En considérant le fait que les contrastes climatériques se manifestent dans les zones basses d'une manière beaucoup plus accentuée que dans les altitudes, nous comprendrons également pourquoi la Basse-Engadine et ses vallées latérales avec leur climat très sec et continental sont si pauvres en Polydesmides habitant leur zone inférieure, mais assez riches en Chordeumides, habitant les hautes régions.

La répartition de la famille des *Julides* enfin est semblable à celle des Chordeumides. Une partie des espèces orientales-méridionales s'est arrêtée déjà dans la vallée de Münsler (*Julus Brœlemanni*); d'autres se trouvent encore en Engadine, mais non plus loin vers l'ouest (*Julus riparius*); une troisième catégorie enfin (*Julus nigrofuscus, alpivagus, tirolensis*) a pénétré dans le territoire du Rhin, où elle rencontre les derniers postes vers l'est des espèces des Alpes bernoises et valaisannes, tel que le *Tachypo-*

doiulus albipes, le *Julus zinalensis*. L'Engadine même ne possède donc, abstraction faite des ubiquistes de la chaîne alpine, que des formes de provenance orientale-méridionale ou des espèces indigènes.

En résumé, on peut distinguer pour les Diplopodes des Alpes suisses une ligne faunistique bien marquée, qui sépare une faune occidentale-septentrionale d'une faune orientale-méridionale. C'est la chaîne de montagnes qui longe la vallée de l'Inn au nord-ouest. Au-delà de cette ligne, entre l'Albuia et le Tödi, nous avons une zone de transition comprenant les vallées du Rhin supérieur et de ses affluents, où des éléments septentrionaux-occidentaux viennent se mêler aux immigrants les plus avancés provenant du nord de l'Italie et du sud de l'Autriche.

Je n'oserais pas tirer ces conclusions si hardiment, si elles n'étaient appuyées par ce qu'on sait sur la distribution d'autres groupes d'invertébrés dans la région en question. D'après les travaux d'Amstein sur les Mollusques des Grisons *Helix zonata* trouve dans la vallée de Bergell sa limide orientale; *Helix rhœtica* et *H. obvia* sont des espèces orientales qui ne se trouvent en Suisse que dans la Basse-Engadine. Enfin pour *Helix ichthyomma* la dernière station vers l'ouest est Churwalden au centre des Grisons. Parmi les Lépidoptères la *Lycæna amanda* et *meleager*, *Zygæna pilosella f. Pluto*, *Melita maturna*, toutes des espèces orientales, se trouvent encore en Engadine. Les Orthoptères des Alpes orientales y sont représentés par *Bryodemma tuberculata*, forme nouvelle pour la faune de la Suisse. C'est un immigrant du Tyrol que j'ai rencontré dans la Basse-Engadine et qui n'est connu dans les Alpes d'aucune autre station plus à l'ouest.

Comme les faunes, les flores aussi se rencontrent sur le haut plateau rhétien. D'après Christ, plus de 30 plantes Phanérogames s'arrêtent vers l'est en Engadine, et des formes orientales apparaissent à leur place. Christ trace dans notre territoire deux limites floristiques, dont l'une se couvre avec notre ligne faunistique Albula-Silvretta. C'est sa limite méridionale qui tourne ici vers le nord-est.

Avec elle se croiserait une limite nettement orientale, qui suit le Thalweg de l'Adige, coupe la vallée de l'Inn près de Zernetz, laissant la Haute-Engadine à l'ouest, et va rejoindre la vallée du Lech. Nos connaissances de la faune de la Haute-Engadine ne nous permettent pas de nous prononcer sur cette ligne secondaire. Tout porte à croire que sur territoire suisse elle ne soit pas respectée par les animaux. Vu le courant général de la faune du SE vers NO nous admettrons une seule limite principale à la fois orientale et méridionale suivant la direction sud-ouest nord est.

Séance du 1er Octobre.

R. de Saussure. Constitution géométrique de l'éther. — L. de la Rive. Sur l'éllipsoïde d'élasticité.

M. René de Saussure présente les premiers résultats d'un travail ayant pour but la réduction des unités mécaniques à des grandeurs géométriques, réduction qui, si elle est possible, ramènerait les questions de mécanique à des questions de géométrie.

L'auteur prend comme unités fondamentales de la mécanique : le temps, la force et l'espace et considère la masse comme une simple unité dérivée, définie au moyen des trois unités fondamentales par l'équation $f = m \varphi$ qui exprime que la masse est le rapport de la force à l'accélération.

Ceci posé, l'auteur remarque que deux des unités fondamentales, savoir le temps et l'espace, ont un caractère purement géométrique : le temps est une grandeur à une dimension, l'espace une grandeur à trois dimensions ; on peut donc se demander si la force ne peut pas être considérée comme *une grandeur géométrique à deux dimensions*, c'est-à-dire si l'on ne peut pas représenter graphiquement la force par un plan F de même qu'on représente graphiquement le temps par une ligne droite T.

Lorsqu'on exprime les coordonnées d'un point de l'espace en fonction d'une variable t, par les équations :

$$x = \varphi(t) \qquad y = \chi(t) \qquad z = \psi(t)$$

ces équations représentent une ligne et cette ligne représente un *mouvement* du point x, y, z, si l'on donne à la variable t une signification physique en considérant cette variable comme le temps.

Ainsi la science du *mouvement pur*, ou *cinématique*, se réduit à l'étude de la combinaison du temps avec l'espace, c'est-à-dire à la combinaison de deux grandeurs géométriques dont l'une a une seule dimension tandis que l'autre en a trois ; les phénomènes de mouvement se manifestent sur des *lignes* précisément parce que la variable t n'a qu'une dimension, ou, si l'on veut, la *vitesse* qui sert de mesure aux mouvements est exprimée en mètres par seconde (et non pas en mètres carrés on en mètres cubes par seconde).

De même si l'on exprime les coordonnées d'un point de l'espace en fonction de deux variables u et v par les équations :

$$x = \varphi(u, v) \qquad y = \chi(u, v) \qquad z = \psi(u, v)$$

ces équations représentent une surface S. Si l'on considère les variables indépendantes u et v comme deux coordonnées dans un plan F, à chaque point de la surface S correspondra un point du plan F et à chaque portion de la surface S correspondra une portion du plan F. Donnons au plan F, ou plutôt à la grandeur à deux dimensions représentée par ce plan une signification physique en considérant toute portion de ce plan comme représentant une *force*. Les trois équations précédentes représentent alors le phénomène que produirait une force distribuée sur une surface, phénomène essentiellement *statique*.

Ainsi en combinant le temps avec l'espace, on obtiendrait la cinématique et en combinant la force avec l'espace on obtiendrait la statique, mais une statique purement géométrique, puisque la force serait traitée comme une

grandeur géométrique à deux dimensions que l'on pourrait représenter par un plan F.

Tandis que le temps se manifeste dans l'espace sous la forme de lignes on voit que la force ne peut se manifester dans l'espace que sur des surfaces, et il en résulte une *pression* qui sert à mesurer le phénomène. En effet, la pression est exprimée en kilogrammes par mètre carré (et non par mètre ou par mètre cube).

Enfin en combinant les trois grandeurs géométriques fondamentales on obtiendrait une *dynamique* purement géométrique[1].

M. L. DE LA RIVE. — *Sur l'ellipsoïde d'élasticité.*

Dans le cas où les forces élastiques principales ne sont pas toutes de même signe, la surface tangentielle est un hyperboloïde. La force élastique tangentielle s'obtient dans une section principale en menant une tangente à l'hyperbole dont les axes sont $\sqrt{a}$ et $\sqrt{c}$ et en projetant le rayon vecteur correspondant de l'ellipse dont les axes sont a et c. Le calcul de l'angle de la tangente et du rayon vecteur et de la longueur de celui-ci donne une expression simple en fonction de tg φ, φ étant l'angle avec l'axe des x, dont la dérivée égalée à 0 donne tg $\varphi = \frac{c}{a}$; il en résulte que la tangente est à 45° et que la projection est égale à $\frac{a+c}{2}$. Il est à noter que cette projection est plus grande que la force tangentielle obtenue par la direction de l'asymptote laquelle est égale à $\sqrt{ac}$.

[1] Pour les développements, voir « Hypothèse sur la construction géométrique de l'éther ». *Arch. des Sc. phys. et nat.* Octobre 1903.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

J. ANDRADE. RECHERCHES SUR LA SYNCHRONISATION DES HORLOGES (*La France horlogère*, n° du 15 sept.), Besançon.

Le problème de la synchronisation que traite l'auteur se formule comme suit : *On peut vouloir, au moyen d'une excellente horloge de précision, distribuer l'heure à des horloges relativement médiocres et leur imposer une précision voisine du centième de seconde.*

Foucault a indiqué une solution qui a été réalisée par un constructeur, Vérité, à Beauvais. Elle consiste à mettre en relation électro-magnétique l'horloge-mère avec l'horloge synchronisée à chaque oscillation du pendule de la première et à atténuer dans la seconde l'effet de l'échappement de manière à la rendre suffisamment passive.

C'est à Cornu que l'on doit d'avoir mis en évidence le lien essentiel qui unit les deux horloges et d'en avoir vérifié expérimentalement la nature. L'horloge synchronisée considérée à part subit dans sa marche une irrégularité qui se formule par un coefficient d'amortissement et qui est due en grande partie à la résistance de l'air; d'autre part on lui applique une force synchronisante périodique, et il a montré que sous cette influence le régime de l'horloge présente un mouvement périodique dont la période est celle de la force.

Dans ses recherches personnelles sur ce sujet, M. Andrade a généralisé la démonstration de Cornu en la débarrassant d'hypothèses restrictives. Son exposé traite la question sans faire intervenir l'analyse et par des procédés

géométriques. Une spirale dont le rayon vecteur est projeté obliquement sur deux axes dont l'angle a pour tangente $\frac{4\pi}{KT}$, K étant le coefficient d'amortissement et T la durée d'oscillation, donne par ces projections l'écart du pendule de la verticale et sa vitesse à un instant quelconque.

En donnant au problème sa plus grande généralité, l'auteur a réussi à établir les conditions qui rendent possible la synchronisation. C'est une relation d'inégalité où entrent quatre quantités, l'amortissement A, le degré d'avance relative m, l'effet de l'échappement E et l'amplitude u du régime à conserver; il faut que :

$$\sqrt{1 - A^2 + m^2} + \frac{E}{u} > 1$$

Cette relation montre aisément que les méthodes de Foucault et de Cornu en dépendent. Le résumé de ce travail dont nous ne pouvons qu'indiquer quelques résultats est le suivant : l'élément essentiel de la synchronisation réside dans l'amortissement naturel ou augmenté de l'horloge, et, pour la produire, il faut atténuer le rapport de l'effet de l'échappement à l'amplitude vis-à-vis de l'amortissement; ce résultat est obtenu commodément soit par la réduction de l'échappement (système Foucault-Vérité), soit par l'augmentation de l'amortissement (système de Cornu).

A. Righi. Sur les charges électriques produites par les rayons X sur les métaux dans le vide (*Memorie della R. Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna, serie* V, T. X, *maggio* 1903).

M. A. Righi, peu de temps après la découverte de Röntgen, avait reconnu, avec d'autres physiciens, la propriété que possèdent les rayons X de décharger rapidement les corps électrisés (1896). On attribua alors généralement la

cause de ce phénomène à une action analogue à celle que produisent les rayons ultraviolets. Or, comme il avait été constaté par M. Righi que les radiations ultraviolettes apportent une charge positive sur les corps à l'état naturel, le même avait voulu établir si les rayons X engendraient une charge positive. Cette constatation a été faite en effet par M. Righi et par d'autres expérimentateurs, mais étant donnée la propriété principale de ces mêmes rayons de ioniser les gaz, la question ne pouvait pas être considérée comme résolue. Des expériences avec résultats affirmatifs ont été faites dans le vide, en 1900, presque simultanément, par M. E. Dorn et par MM. Curie et Sagnac ; M. Righi vient de les reprendre par des dispositifs différents qui sont décrits avec illustrations dans ce mémoire, où sont donnés les résultats comparatifs des charges que reçoivent les différents métaux dans cette série décroissante : platine, plomb, or, zinc amalgamé, argent, étain, zinc, cuivre, fer et aluminium. Un autre dispositif a permis d'établir l'influence de la distance entre le métal étudié et les conducteurs voisins en rapport avec les différences de pression, ce qui a conduit M. Righi à la conclusion suivante : *Le potentiel positif acquis par un métal frappé par les rayons X ne dépend pas seulement de la nature du conducteur, de l'état de raréfaction du gaz ambiant, etc., mais aussi de la place qu'il occupe par rapport aux conducteurs voisins.* Les valeurs numériques de ce potentiel ne sont donc, à cause de cela, que relatives. M. Righi ayant étudié le même effet, sur un disque de charbon de cornue, il constata que le potentiel acquis sous l'action des rayons X est toujours négatif, ce dernier effet, il l'attribue à l'action de l'écran en aluminium, qu'il faudra dans d'autres expériences revêtir à l'intérieur de noir de fumée. Il y a donc de grandes analogies entre les phénomènes produits par les rayons ultraviolets et ceux produits par les rayons X, mais avec de notables différences dans les détails. Th. T.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1903

Juin

704. ADRIAN. Sur le rôle de l'alcool dans la conservation du chloroforme. — *J. suisse de chimie* 41. 301.

705. AMANN (J.). L'origine et le sort des dérivés aromatiques dans l'organisme. Lausanne. — *Revue méd. de la Suisse romande* 23. 392.

706. ANTEN (Henri). Ueber den Verlauf der Ausscheidung des Jodkaliums im menschlichen Harn. Bern. Institut für mediz. Chemie. — *Arch. exper. Pathol.* 48. 331.

579 *bis*. ARRAGON (Charles). Sur le dosage de l'acide phosphorique dans les vins et dans les bières. Bâle. Lab. cantonal. — *J. suisse de chimie* 41. 277.

707. BACH (A.) und CHODAT (R.). Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle. Ueber Katalase. Genf. Pflanzenchem. Lab. des botan. Instituts. — *Berichte* 36. 1756.

708. BACH (A.) et BATTELLI (F.). Dégradation des hydrates de carbone dans l'organisme animal. Genève. — *Comptes rendus* 136. 1351.

709. BASCH (Leopold). Ueber die Einwirkung von salpetriger Säure auf Amino-Campher-Harnstoff. *Dissert.* Basel.

710. BOGDAN (St.). Emploi du bioxyde de plomb dans l'analyse. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* 29. 594.

711. BOTS (Hermann). Ueber Aminooxydiphenylamine. *Dissert.* Zürich (Prof. Gnehm).

712. BRACK (Christian). Ueber Azinsynthesen in der Naphtalinreihe. *Dissert.* Basel (Prof. Nietzki).

713. BUCHMEYER (Carl). Contribution à l'étude de l'éther cétipique. *Thèse.* Fribourg.

714. CEVEY (Francis). L'arsenic au point de vue de l'hygiène et sa recherche par la méthode biologique de Gosio. *Thèse*. Lausanne (Prof. Galli-Valerio).

715. DECKER (H.) und STAVROLOPOULOS (A.). Ueber Nitrochinolone und Nitrocarbostyrile. Genf. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* **68**. 100.

716. EPHRAÏM (Fritz). Ueber Regelmässigkeiten in der Zusammensetzung der Halogendoppelsalze. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 1815. 1912.

337 *bis*. FRŒMSDORFF (G.). Ueber die Kondensationsfähigkeit cyclischer Ketone. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

717. GNEHM (R.). Neue Methode zur quantitativen Bestimmung der Zinn-Phosphat-Silikat-Charge auf Seide. Zürich. Polytechn. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2**. 209.

718. GNEHM (R.) und WEBER (G.). Einwirkung von Kieselfluorwasserstoffsäure und von Fluorwasserstoffsäure auf Seide. Zürich. Polyt. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2**. 210.

719. GOSLINGS (Nikolaas). Ueber Carbonato- und Rhodanatonitritokobaltiake. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

660 *bis*. GRETHER (Ernst). Ueber Naphtacridinfarbstoffe. Ueber das *p*-Diphenylbenzol. *Dissert.* Genf und Basel (Dr Ullmann und Prof. Fichter).

720. GROB (Armin). Ueber intramolekulare Umlagerung vom Typus der Pinakolinumlagerung. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

721. GUYE (Philippe-A.). Etudes physico-chimiques sur l'électrolyse des chlorures alcalins. 1er mémoire : Théorie élémentaire des électrolyseurs à diaphragme. Genève. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* **15**. 612; **16**. 393.

722. GYR (Joseph). Die Kondensation der Benzylcyanid-*o*-Carbonsäure mit Aldehyden. *Dissert.* Freiburg.

723. HURDELBRINK (Franz). Beiträge zur Kenntnis der Rhodanessigsäuren und der Arylthiohydantoïne. *Dissert.* Basel.

724. KIKINE (L.). Sur quelques dérivés de la flavinduline. *Thèse*. Genève (Dr Kehrmann).

725. LIECHTI (Paul) und RITTER (Ernst). Ueber die Anwendbarkeit der Schlössing'schen Methode zur Bestimmung des Nitratstickstoffs bei Gegenwart organischer Substanzen. Bern. Schweiz. agrikulturchem. Anstalt. — *Zeitschr. anal. Ch.* **42**. 205.

726. LUNGE (G.). Ueber das Verhalten von salpetriger Säure gegen Methylorange. Zürich. — *Z. angew. Ch.* **16**. 509.

727. Lunge (Georg). Handbuch der Soda-Industrie und ihrer Nebenzweige. 3. Aufl. (Braunschweig) Zürich.

671 *bis*. Martz (Ernst). Méthylation des acides oxybenzoïques et synthèse de l'acide sinapique. *Thèse*. Genève (Prof. Græbe).

684 *bis*. Metz (Gustave-P.). Ueber die Synthese von Phenyloxytriazolen und über sterische und chemische Hinderung. *Dissert*. Basel (Prof. Rupe).

728. Müller (A.). Einfaches Verfahren, um chargierter Seide die erschwerenden Bestandteile zu entziehen. Zürich. Färberei von J. Baumann und A. Müller. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* **2**. 160.

729. Nedokutschajew (N.). Zur Frage der Bestimmung der Eiweissstoffe und einiger anderen Stickstoffverbindungen in den Pflanzen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Landw. Vers.-Stationen* **58**. 275.

730. Pfeiffer (P.). Einwirkung von Harnstoff und Thioharnstoff auf Chromchloridhydrat. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 1926.

454 *ter*. Pictet (Amé). Les anhydrides organo-minéraux. Genève. Lab. de chimie pharm. de l'Univ. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* **15**. 589; **16**. 191.

731. Schwarz (Heinrich). Ueber die Beziehungen zwischen Metallammoniaken und komplexen Salzen. *Dissert*. Zürich (Prof. Werner).

732. Strzyzowski (C.). Ueber die chemische Zusammensetzung des Chologens. Lausanne. Lab. für physiol. Ch. der med. Fakultät. — *Pharm. Post* **36**. 297.

733. Ullmann (F.) und Uzbachian (J. Bex). Ueber die Verwendung von Permanganaten als Oxydationsmittel. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36** 1797.

503 *bis*. Weinstock (Peter). Synthese der 3,3′,5′-Trioxyflavons. *Dissert*. Bern. (Prof. v. Kostanecki).

734. Wildi (Siegfried). Oxydationen von Amidoindazolen. *Dissert*. Basel.

735. Wittenberg (Fritz). Zur Kenntnis der βγ-ungesättigten β-Azlaktone und ihrer Umwandlungsprodukte. *Dissert*. Basel.

736. Zell (Hermann). Neue Methode der quantitativen Bestimmung von Seidechargen. Zürich. Seidenfärberei von J. Baumann und A. Müller. — *Zeitschr. Farben-und Textil-Ch.* **2**. 239.

Juillet

737. Ackermann (Edwin) et Spindler (O. v.). Sur la détermination de l'extrait de la bière. Genève. Lab. cantonal. — *J. suisse de chimie* **41**. 350.

737 *bis*. Ackermann (Edwin) und Spindler (O. v.). Ueber Extraktbestimmung im Biere. Genf. Kantonal-Lab. — *Zeitschr. ges. Brauw.* **26**. 441.

738. Appelberg (A.). Die Elektrolyse von geschmolzenem Bleichlorid in Rücksicht auf die Beziehung von Stromdichte und Stromausbeute. Zürich. Elektrochem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **36**. 36.

739. Aschan (J.). Untersuchungen einiger vom Cap stammender Aloesorten. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **241**. 340.

740. Bamberger (Eug.). Ueber das Verhalten paraalkylirter Phenole gegen das Caro'sche Reagens. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 2028.

741. Bamberger (Eug.). Weiteres über die Oxydation des Orthoaminobenzaldehyds und über seine Beziehungen zum Benzoxazol. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **36**. 2042.

742. Bistrzycki (A.) und Herbst (C.). Ueber das Chromogen der Oxytriphenylmethanfarbstoffe, das Diphenyl-chinomethan. Freiburg. I. chem. Lab. der Univ. — *Ber.* **36**. 2333.

743. Blumberg (M.) und Kostanecki (St. von). Ueber das 3.4-Dioxy-β-methylchromon. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2191

663 *bis*. Chuard (E.). Détermination rapide de l'acide sulfureux libre dans les vins. Lausanne. Univ. — *Annales ch. anal.* **8**. 257.

744. Decker (Herman). Ueber einige Ammoniumverbindungen. Einwirkung von Alkalien auf die Oxydihydrobasen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2568.

745. Deichler (Chr.) und Weizmann (Ch.). Studien und Synthesen in der Reihe des Naphtacenchinons. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2326.

746. Driessen Mareeuw (W. P. H. van den). Ueber die Samen von Barringtonia speciosa. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

747. Fichter (Fr.). und Fröhlich (J.). Ueber einige Formazylfarbstoffe. Basel. Univ.-Lab. Abt. I. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* **2**. 251.

748. Fitzenkam (Robert). Recherches sur les oxyacridines. *Thèse*. Genève. (Dr Ullmann).

747 *bis*. Fröhlich (Jaroslaw). Zur Kenntnis der Formazylfarbstoffe. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

749. Gadomska (S.) und Decker (H.). Ueber Dimethyldiphenylammoniumsalze. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2487.

750. Gnehm (R.). Ueber Fleckenbildung auf Seidenstoffen. Zürich. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* 2. 274.

751. Gœssmann (Georg). Vergleichende Studien über Ortho-Carbon-und Ortho-Sulfonsäuren des Benzaldehyds. *Dissert.* Freiburg.

752. Goldmann (Zdzislaw). Zur Kenntnis der Benzaldehyd-o-sulfonsäure. *Dissert.* Freiburg.

655 *bis*. Hartwich (C.) und Simon (N.). Beiträge zur Kenntnis des Rauchopiums und der beim Opiumrauchen wirksamen Stoffe. Zürich. Pharm. Abt. des Polytechn. — *Apotheker-Zeitung* 18. 505, 512.

753. Horvath (Béla v.). Ueber die Kondensationen von Amidobenzylalkoholen mit Phenolen. *Dissert.* Basel.

754. Huber (Robert). Untersuchungen über sterische Reaktionsverhinderung. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

755. Hupfer (Franz). Ueber die Rhodole aus Hydrochinon und seinen Verwandten. *Dissert.* Basel.

756. Jankowski (Paul). Die Wasserstoffjonen des Harns als Maass seiner Acidität. *Dissert.* Zürich (Prof. Gaule).

757. Korselt (Johannès). Recherches sur la dichlorsulfobenzide. *Thèse.* Genève (Dr Ullmann).

758. Kostanecki (St. v.) und Lloyd (L.). Ueber ein Umwandlungsproduct der Muttersubstanz des Brasilins. Bern. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2193.

759. Kostanecki (St. v.) und Lloyd (L.). Ueber gefärbte Umwandlungsproducte des Brasilins. Bern. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2199.

760. Kostanecki (St. v.) und Rost (A.). Naphtalin aus Umwandlungsproducten des Hämatoxylins. Bern. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2202.

761. Langstein (Leo). Ueber die Endprodukte der peptischen Verdauung. Basel. Mediz. Klinik. — *Zeitschr. physiol. Ch.* 39. 208.

762. Moschkowitsch (H.-F.). Zur Wertbestimmung der Präparate der Folia Digitalis. Zürich. Pharmakol. Institut. — *Archiv der Pharm.* 241. 358.

763. PFEIFFER (Hubert). Ueber Metaoxyaethyl-Benzoësäure-condensationsprodukte aus Aldehyden und Amidodiaethylanilin. *Dissert*. Basel. (Prof. Fichter).

764. PFEIFFER (P.). Ueber die Zusammensetzung der Halogeno salze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2519.

765. PICTET (Amé) und GELEZNOFF (Antonine). Ueber gemischte Anhydride der Borsäure mit organischen Säuren. Genf. Chem.-pharm. Univ.-Lab. — *Berichte* 36 2219.

766. PICTET (Amé) und GENEQUAND (P.). Ueber Acetylchromsäure. Genf. Chem.-pharm. Univ.-Lab. — *Ber.* 36. 2215.

767. PICTET (Amé) und GENEQUAND (P.). Ueber eine Bildungsweise des Tetranitromethans. Genf. Chem.-pharm. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2225.

768. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Sur la nitration de l'acétylgaïacol. Genève. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* 16. 105.

768 *bis*. REVERDIN (Frédéric) und CRÉPIEUX (Pierre). Ueber die Nitrirung des Acetylguajacols. Genf. — *Berichte* 36. 2257.

769. RICHTER (Albert-G.). Ueber einige Derivate der Ortho-, Meta- und Para-Kresotinsäuren. *Dissert*. Basel.

770. RIS (Ch.). Chargebestimmung auf Seide unter Anwendung von Flusssäure. Basel. — *Zeitschr. Farben- und Textil-Ch.* 2. 261.

771. ROSSEL (Otto). Beitrag zum Nachweis von Blut bei Anwesenheit anderer anorganischer und organischer Substanzen in klinischen und gerichtlichen Fällen. Basel. Lab. der mediz. Klinik. — *D. Arch. für klin. Med.* 76. 505.

772. RUDIN (Ernst). Ueber Versuche zur Darstellung der Vinylpropionsäure und über α-Methyl-$\beta\gamma$-pentensäure. *Dissert*. Basel (Prof. Fichter).

773. SCHÆRFE (W.). Ueber Diphenylkalium und einem daraus erhaltenen neuen Kohlenwasserstoff, *p*-Diphenylendiphenyl. *Dissert*. Zürich (Prof. Abeljanz).

774. SCHMIDT (Georg). Ueber den Harzbalsam von Pinus Laricio. *Dissert*. Bern (Prof. Tschirch).

701 *bis*. SIDLER (Franz). Untersuchungen über die gebräuchlichsten, in der Schweiz fabrikmässig hergestellten Milchpräparate. *Dissert*. Zürich (Dr Silberschmidt).

613 *bis*. STEINMANN (A.). Ueber eine neue Methode der Zuckerbestimmung in Schokolade. Genf. Kantonal-Lab. — *Zeitschr öffentl. Ch.* 9. 239. 261.

775. STRITTER (Robert). Ueber Benzolringspaltungen von Chinoxalinderivaten. *Dissert*. Basel.

776. Tschirch (A.) und Weil (L.). Ueber den Gurjunbalsam. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Arch. der Pharm.* **241**. 372.

777. Ullmann (F.). Ueber eine neue Bildungsweise von Diphenylaminderivaten. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2382.

778. Werner (A.) und Zilkens (F.). Ueber eine neue Synthese von Kohlenwasserstoffen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2116.

719 *bis*. Werner (A.) und Goslings (N.). Ueber Carbonatopentamminkobaltsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 2378.

779. Wobbe (Willy). Ueber die Prüfung von Aether und Narkosenäther. Bern. — *Apotheker-Zeitung* **18**. 458. 465. 487.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1903

Le 1er, très forte rosée et brouillard le matin: fort vent et légère pluie dans l'après-midi.
2, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
3, légère pluie dans l'après-midi.
4, fort vent à 10 h. du matin.
5, forte rosée le matin ; très fort vent dans l'après-midi.
6, fort vent à 10 h. du matin.
7, forte rosée le matin,
8, très forte rosée le matin, fort vent à 9 h. du soir.
9, pluie de 1 h. à 10 h. du matin et à 9 h. du soir; éclairs au S. et à l'E. dans la soirée.
10, pluie dans la nuit, neige sur le Jura ; forte rosée le soir.
11, gelée blanche le matin.
12, pluie dans la nuit et à 1 h. du soir ; fort vent dans l'après-midi ; forte averse avec éclairs et tonnerres à 9 h. du soir.
13, pluie dans la nuit; fort vent le matin.
14, forte rosée le matin et le soir.
15, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et de 4 à 9 h. du soir.
16, pluie dans la nuit et depuis 9 h. du soir: fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir.
17, pluie dans la nuit, à 4 h. et à 10 h. du soir ; neige sur le Salève, les Voirons et le Jura.
18, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du soir.
19, brouillard le matin ; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.
20, gelée blanche le matin.
21, légère gelée blanche le matin; pluie depuis 7 h. du soir.
22, pluie dans la nuit jusqu'à 7 h. du matin.
23, pluie depuis minuit, à 10 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir.
24, neige sur le Jura, les Voirons et les Pitons.
25, **première gelée blanche à glace de la saison.**
26, gelée blanche le matin ; pluie depuis 4 h. du soir.
27 très forte rosée le soir.
28, brouillard le matin ; pluie depuis 7 h. du soir.
29, brouillard à l'horizon; pluie pendant tout le jour.
30, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée ; neige sur le Salève.
31, pluie dans la nuit et jusqu'à 10 h. du matin ; forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	29.1	27.5	27.9	28.21	+ 1.35	25.9	29.7	SW. 0	W. 1	SSW. 1	SSW. 1	7.3	10	2	10	8	7.2	2.9	4
2	28.1	28.8	30.0	28.75	+ 1.92	27.3	30.0	SSW. 1	WSW. 1	S. 0	SSW. 1	7.7	10	8	0	5	2.4	....	....
3	30.1	29.4	29.3	29.51	+ 2.72	28.5	30.5	S. 0	NW. 0	S. 0	var.	2.1	10	10	10	9	2 1	0.1	....
4	28.8	28.9	30.5	29.10	+ 2.34	28.3	30.6	S. 0	WSW. 1	SW. 0	SSW. 1	6.3	6	5	10	7	8.0	....	....
5	30.1	29.3	30.2	29.73	+ 3.00	28.6	30.5	SSW. 1	WSW 2	SSW. 1	SSW. 1	12.1	0	4	9	7	7.2	....	....
6	31.1	30.5	29.4	**30.32**	+ **3.63**	29.3	**31.2**	SSW. 1	SW. 1	S. 0	SSW. 1	10.0	8	5	0	4	7.8	....	....
7	30.0	28.6	28.0	28.94	+ 2.29	27.3	30.1	NE. 0	N. 1	S. 0	N. 1	2.5	0	0	0	0	**10.0**	....	....
8	26.7	24.1	23.8	24.94	− 1.69	22.6	27.6	S. 0	N. 1	SSW. 2	SSW. 1	6.3	0	0	1	0	9.2	9.4	5
9	24.8	25.3	24.9	24.80	− 1.80	22.3	25.6	SSW. 1	SW. 1	SW 1	SSW. 1	10.5	9	7	10	8	3.4	9.0	5
10	25.3	26.4	27.1	26.07	− 0.50	24.8	27.1	SSW. 1	S. 1	S. 0	SSW. 1	8.8	10	10	1	8	3.2	....	....
11	26.2	24.2	22 2	24.41	− 2.13	21.8	26.9	S. 0	NE. 1	S. 0	var.	3.7	7	7	10	8	6.6	1.1	1
12	18.2	16.6	18.8	18.51	− 8.00	16.3	21.8	SW. 0	NE. 0	SSW. 2	SSW. 1	6.8	10	10	10	10	....	6.7	5
13	22.4	25.5	28.2	24.39	− 2.09	19.4	28.7	SSW. 2	SSW. 1	S. 1	SSW. 1	10.9	9	5	10	8	5.5	....	....
14	29.3	28.8	28.5	28.75	+ 2.30	27.0	29.9	E. 1	SW. 1	S. 0	var.	3.1	0	0	1	1	9.0	0.2	....
15	26.9	25.9	28.0	27.11	+ 0.69	25.5	28.5	N. 1	NW. 0	SW. 1	SSW. 1	6.8	10	10	10	10	....	17.4	5
16	28.7	28.1	27.5	28.17	+ 1.77	27.0	29.1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 2	**16.7**	10	9	10	9	3.0	6.5	4
17	26.8	26.1	26.5	26.57	+ 0.20	25.4	27.6	S. 1	SSW. 1	S. 0	var.	10.9	3	7	10	7	5.0	9.4	5
18	28.7	28.3	29.4	28.46	+ 2.11	26.9	29.6	E. 0	E. 0	S. 0	var.	2.5	9	9	10	9	1.9	0.8	2
19	29.7	29.1	30.0	29.52	+ 3.19	28.8	30.2	S. 1	NNE. 2	S. 0	NNE. 1	7.3	6	1	0	1	7.0	....	....
20	30.2	29.3	28.9	29.56	+ 3.25	28.0	30.4	SE. 0	N. 1	E. 0	var.	2.5	7	0	0	2	5.8	....	....
21	28.1	26.7	26.2	27.10	+ 0.81	25.3	28.6	S. 0	N. 1	N. 0	var.	2.1	8	6	10	9	2.2	7.3	12
22	26.6	25.9	24.2	25.59	− 0.68	23.4	26.7	SW. 1	SSW. 1	WSW. 1	SSW. 1	9.6	10	10	10	9	. . .	21.5	7
23	22.5	21.4	23.2	22.31	− 3.94	20.2	23.8	SSW. 1	SSW. 2	WSW. 1	SSW. 1	12.1	10	10	10	10	....	15.7	5
24	27.0	27.6	26.8	26.92	+ 0.68	24.7	28.0	SW. 1	N. 1	S. 0	var.	5.0	10	2	0	4	5.4	....	....
25	26.9	25.6	24.4	25.88	− 0.34	24.0	27.0	S. 0	N. 1	SW. 0	calme	1.5	3	7	0	4	4.1	....	....
26	22.6	21.8	23.5	22.92	− 3.29	21.7	24.0	SW. 0	N. 0	S. 0	calme	1.7	9	10	10	10	0.7	3.4	4
27	22.2	20.0	18.0	20.59	− 5.61	16.5	23.5	N. 0	N. 1	N. 0	N. 1	2.3	7	4	1	5	7.7	0.1	....
28	16.1	16.7	18.8	**17.18**	− **9.00**	**16.1**	18.9	S. 0	S. 0	N. 1	calme	1.5	10	10	10	10	....	4 0	6
29	18.8	19.7	22.1	19.86	− 6.31	18.2	22.4	S. 0	S. 0	S. 1	SW. 1	2.3	10	10	10	10	....	**32.4**	**24**
30	24.0	25.1	27.3	24.83	− 1.34	22.5	27.3	S. 0	N. 1	S. 1	var.	2.7	10	10	10	10	....	12.7	23
31	27.1	26.7	29.6	27.79	+ 1.63	26.7	29.7	N. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	15.1	10	5	10	9	5.3	....	....
Mois	26.22	25.74	26.23	26.03	− 0.48							6.47	7.2	6.2	6.5	6.8	129.7	160.6	117

Jours du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+12.6	+24.0	+16.6	+17.40	+ 4.99	+11.3	+25.0	95	54	80	77	− 4	54	96	17.3	+ 1.6	1621
2	13.4	17.5	11.0	14.22	+ 1.98	10.0	17.8	88	61	76	80	− 1	61	96	17.4	+ 1.8	1610
3	9.9	17.0	14.3	13.46	+ 1.38	8.0	19.9	92	64	89	82	+ 1	64	94	16.4	+ 1.0	1622
4	14.1	20.2	16.8	17.07	+ 5.16	12.8	23.3	85	66	80	76	− 5	60	90	....	....	1620
5	14.7	22.1	18.3	18.53	+ 6.79	13.7	23.8	84	58	69	71	−10	58	85	16.0	+ 0.8	1601
6	16.4	24.8	16.1	**19.58**	+ **8.01**	14.7	**26.0**	55	48	75	**56**	**−25**	**48**	76	16.9	+ 1.8	1630
7	11.4	20.4	12.4	15.70	+ 4.30	10.7	21.1	83	60	90	73	− 9	60	88	17.0	+ 2.0	1627
8	8.9	22.0	17.7	15.58	+ 4.35	7.8	24.4	93	55	76	77	− 5	55	95	16.7	+ 1.9	1622
9	12.9	15.3	9.6	13.06	+ 2.01	9.2	17.5	89	76	97	84	+ 2	74	95	15.6	+ 0.9	1592
10	7.3	12.1	6.2	8.96	− 1.92	3.7	13.5	92	69	95	85	+ 3	69	96	14.8	+ 0.2	1617
11	3.8	11.2	9.3	7.44	− 3.27	1.5	12.7	97	76	91	89	+ 7	76	100	....	.....	1680
12	9.3	14.9	14.7	13.00	+ 2.47	8.5	18.5	95	86	95	87	+ 5	80	96	13.9	− 0.4	1640
13	12.9	15.4	12.9	14.27	+ 3.91	11.9	17.3	85	84	85	82	0	70	90	14.1	− 0.1	1671
14	7.3	18.8	8.9	12.14	+ 1.96	6.9	20.3	98	55	97	82	0	55	98	14.0	− 0.1	1710
15	8.9	15.6	14.6	11.65	+ 1.65	6.1	16.8	93	70	94	91	+ 9	70	100	14.2	− 0.3	1650
16	14.2	18.1	13.7	14.81	+ 4.98	10.7	19.8	78	62	69	76	− 6	62	92	13.7	− 0.1	1615
17	8.0	11.9	5.3	8.56	− 1.09	5.2	14.6	86	56	98	83	0	56	96	12 8	− 0.9	1660
18	5.5	11.8	6.8	7.50	− 1.97	4.9	12.8	98	64	94	91	+ 8	64	100	....	.....	1720
19	1.4	10.5	5.0	6.08	− 3.21	1.3	11.8	100	68	84	87	+ 4	68	100	11.3	− 2.1	1680
20	1.4	8.8	4.0	4.85	− **4.26**	0.0	10.2	98	74	100	90	+ 7	74	100	10.1	− 3.2	1692
21	2.3	11.5	10.3	7.29	− 1.61	1.5	13.2	100	71	96	88	+ 5	71	100	10.3	− 2.9	1681
22	10.3	11.8	10.9	10.84	+ 2.09	10.0	12.6	96	86	86	91	+ 8	80	98	11.2	− 1.8	1667
23	7.6	13.3	6.4	9.07	+ 0.50	6.4	14.3	94	71	97	87	+ 4	71	97	11.4	− 1.5	1705
24	+ 6.1	10.4	3.7	7.15	− 1.21	+ 2.3	12.8	93	69	90	84	+ 1	69	98	12.1	− 0.6	1721
25	− 0.4	8.4	4.1	**4.18**	− 4.03	− **0.9**	11.2	97	81	98	92	+ 9	76	100	....	.. ..	1740
26	+ 1.3	10.3	7.7	5.82	− 2.22	+ 1.2	11.0	100	78	97	95	+12	78	100	11.7	− 0.8	1737
27	7.4	12.2	7.4	9.41	+ 1.55	6.3	14.3	100	85	76	93	+10	74	100	11.2	− 1.2	1692
28	3.3	11.9	9.1	7.85	+ 0.17	3.2	12.4	100	83	94	93	+10	83	100	11.5	− 0.7	1671
29	8.0	9.4	8.1	8.56	+ 1.06	7.9	10.0	100	98	98	**98**	**+15**	92	100	11.5	− 0.6	1670
30	6.7	6.1	6.1	6.67	− 0.65	5.9	6.9	98	98	97	**98**	**+15**	97	99	10.8	− 1.1	1709
31	6.3	10.4	8.3	7.78	+ 0.64	5.6	10.9	97	74	93	87	+ 4	74	100	10.2	− 1 6	1727
Mois	+ 8.14	+14.45	+10.20	+10.92	+ 1.04	+ 6.72	+16.03	93	71	89	85	+ 2			13.45	− 0.53	1665

MOYENNES DE GENÈVE. — OCTOBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.31	28.33	28.40	28.63	27.88	27.19	27.50	28.05	28.04
2e »	26.77	26.56	26.71	26.99	26.19	25.72	26.46	26.96	26.54
3e »	23.88	23.67	23.81	24.07	23.39	23.21	23.75	24.01	23.73
Mois	26.24	26.11	26.22	26.48	25.74	25.31	25.83	26.27	26.03

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re déc.	+13.44	+12.65	+12.16	+16.88	+19.54	+18.98	+15.75	+13.45	+15.36
2e »	8.22	7.05	7.27	12.04	13.70	12.27	10.71	8.98	10.03
3e »	6.28	5.74	5.35	8.11	10.52	10.07	8.13	7.35	7.69
Mois	+ 9.22	+ 8.39	+ 8.14	+12.21	+14.45	+13.69	+11.42	+ 9.84	+10.92

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	83	86	86	70	61	64	75	83	76
2e »	92	95	93	77	70	79	86	94	86
3e »	98	98	98	91	81	84	88	95	91
Mois	91	93	93	80	71	76	83	91	85

Dans ce mois l'air a été calme 419 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{39}{73} = 0.53$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 40°.6 W.
Son intensité est égale à 22.0 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

Pression atmosphérique.......		mm 726.06
Nébulosité		6.6
Température	$\frac{7+1+9}{3}$ ..	+10°.93
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+10°.75
Fraction de saturation........		84 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér..	(1836-1875)	mm 726.51
Nébulosité..	(1847-1875).	6.7
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	101mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne ...	(id.).	+ 9°.88
Fraction de saturat.	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	143.6	150.6	155.8	149.3	154.5	152.5	155.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	142.0	160.6	148.9	153.0	161.6	144.8

Durée totale de l'insolation à Jussy : 131h.1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1903

Le 1er, pluie. dans la nuit.
2. fort vent le matin ; forte bise l'après-midi; pluie.
7, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 4 % à 8 h. du matin.
8, fort vent le soir.
9, fort vent dans la journée; pluie.
10, forte bise; pluie.
11, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 5 % à 10 h. du matin.
12, fort vent; pluie et neige.
14, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 3 % à 8 h. du matin.
15, forte pluie et neige.
17, forte bise dans l'après-midi; pluie et neige.
18. forte bise.
20, grande sécheresse de l'air ; fraction de saturation 2 % à 6 h. du matin.
21, pluie et neige.
22, neige le matin.
23, neige pendant la journée et pluie.
24, neige le matin.
25, grande sécheresse de l'air ; fraction de saturation 10 % à 2 h. du matin.
26 et 27, pluie et neige.
28, très fort vent; pluie et neige.
29, 30 et 31, pluie et neige.

Congélation du lac dans la nuit du 20 au 21.

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	70.1	69.5	68.9	69.5	+ 3.6	68.5	70.5	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	9	8	10	9	5.2	....
2	67.0	67.8	67.9	67.6	+ 1.8	66.8	68.0	SW. 3	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	6	9	13.8	....
3	67.3	68.6	68.9	68.3	+ 2.6	67.0	69.3	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	6	7	4	6	....	....
4	69.2	69.1	70.2	69.5	+ 3.9	69.0	70.5	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	1	6	0	2	....	....
5	70.0	70.1	70.6	70.2	+ 4.7	69.8	71.0	NE. 2	NE. 1	SW. 2	var.	1	6	4	4	....	....
6	70.8	71.6	72.0	**71.5**	+ **6.1**	70.6	**72.5**	NE. 1	NE 2	NE. 1	NE. 1	5	7	3	5	....	....
7	71.5	70.8	70.4	70.9	+ 5.6	70.0	72.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
8	68.9	68.3	67.0	68.1	+ 2.9	66.5	69.1	NE. 1	SW. 1	SW. 3	SW. 2	0	0	10	3	....	....
9	64.6	63.0	62.1	63.2	− 2.0	61.8	65.0	NE. 1	SW. 3	NE. 2	var.	10	8	10	9	8.0	....
10	59.4	61.0	61.9	60.8	− 4.3	59.0	62.1	NE. 3	NE. 3	NE. 2	NE. 3	10	8	10	9	8.7	7
11	62.1	63.0	63.5	62.9	− 2.1	62.0	64.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	8	3	....	....
12	61.4	60.9	60.5	60.9	− 4.0	60.0	62.3	SW. 3	SW 2	SW. 3	SW. 3	9	10	10	10	36.2	10
13	61.0	63.9	66.6	63.8	− 1.0	60.8	67.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	6	9	8	....	....
14	67.5	68.3	68.9	68.2	+ 3.5	67.2	69.3	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
15	68.0	68.0	67.9	68.0	+ 3.4	67.6	68.6	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	10	10	8	26.2	....
16	66.5	67.2	64.2	66.0	+ 1.5	63.9	67.0	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	2	4	8	5	....	....
17	62.2	61.1	59.7	61.0	− 3.4	59.5	62.9	NE. 1	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	18.5	7
18	61.9	62.6	62.5	62.3	− 2.1	60.8	63.0	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	....	....
19	62.8	63.6	65.4	63.9	− 0.4	62.8	66.0	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	10	0	0	3	....	....
20	65.5	66.0	66.7	66.1	+ 1.9	65.0	67.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	0	0	0	0	....	....
21	66.2	66.1	67.2	66.5	+ 2.4	65.9	67.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	1	1	3	2	5.8	4
22	64.8	64.0	62.7	63.8	− 0.2	61.9	66.1	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	9	2	7	....	....
23	59.7	58.7	58.4	58.9	− **5.1**	**58.0**	61.5	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	10	10	10	10	15.2	10
24	61.5	63.5	64.2	63.1	− 0.8	60.0	64.8	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	2	0	4	....	....
25	65.0	65.5	65.7	65.4	+ 1.6	64.8	66.0	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	0	0	0	....	....
26	63.4	63.4	63.4	63.4	− 0.3	63.0	65.2	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	3	5	10	6	7.2	5
27	62.3	61.9	61.5	61.9	− 1.7	61.0	63.1	SW. 2	SW. 2	SW. 4	SW. 3	9	9	10	9	14.4	6
28	60.0	59.9	59.8	59.9	− 3.7	59.3	60.8	SW. 4	SW. 3	SW. 3	SW. 3	9	9	9	9	**66.5**	**32**
29	58.5	58.4	58.4	**58.4**	− **5.1**	**58.0**	59.1	SW. 3	SW. 1	SW. 1	SW. 2	8	9	10	9	27.2	12
30	59.4	59.9	61.6	60.3	− 3.1	58.9	62.1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	10	10	9	10	30.4	25
31	61.4	62.3	65.8	63.2	− 0.2	61.0	66.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	8	0	6	7.8	6
Mois	64.51	64.77	64.95	64.76	+ 0.16							6	6	6	6	291.1	124

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 3.1	+ 5.3	+ 4.2	+ 4.2	+ 2.7	+ 3.0	+ 5.6	99	71	94	88	68	100
2	3.0	1.9	0.6	1.8	+ 0.4	+ 0.2	4.3	100	100	100	100	95	100
3	2.3	6.8	4.6	4.6	+ 3.4	- 2.0	6.9	61	81	72	71	50	89
4	3.3	7.5	3 7	4.8	+ 3.7	+ 3.2	7.8	68	52	80	67	50	85
5	2.8	8.8	4.9	5.5	+ 4.6	2.7	8.8	78	50	70	66	48	82
6	3.2	8.6	7.9	6.6	+ 5.8	3.0	8.9	55	27	38	40	25	65
7	7.6	11.9	7.3	**8.9**	+ **8.3**	6.0	**13.2**	7	5	22	**11**	4	35
8	5.4	8.1	+ 3.3	5.6	+ 5.1	+ 3.0	8.3	18	75	96	63	16	99
9	+ 2.0	+ 4.3	- 2.0	+ 1.4	+ 1.1	- 3.0	+ 4.5	85	52	98	78	50	100
10	- 4.8	- 4.6	- 5.6	- 5.0	- **5.2**	- 5.9	- 1.8	94	89	96	93	75	99
11	- 3.3	+ 3.9	+ 4.0	+ 1.5	+ 1.5	- 8.1	+ 4.7	14	7	46	22	5	85
12	+ 4.1	4.4	+ 2.2	+ 3.6	+ 3.7	+ 0.5	5.6	80	76	81	79	55	85
13	- 1.2	1.5	- 1.2	- 0.3	0.0	- 1.4	2.5	90	87	98	92	60	100
14	+ 1.0	4.2	+ 0.7	+ 2.0	+ 2.4	- 2.5	5.1	4	34	42	27	3	90
15	1.2	2.7	0.1	1.3	+ 1.9	0.0	3.2	67	86	100	84	45	100
16	+ 0.8	+ 2.5	+ 1.6	+ 1.6	+ 2.4	+ 0.2	4.2	60	66	55	60	45	88
17	- 3.2	- 2.8	- 6.5	- 4.2	- 3.3	- 7.0	+ 2.0	95	82	95	91	52	100
18	- 6.3	- 4.7	- 6.6	- 5.9	- 4.8	- 7.0	- 3.8	96	99	98	98	85	100
19	- 8.4	- 4.7	- 5.8	- **6.3**	- 5.1	- **9.0**	- 3.6	97	99	25	74	20	100
20	- 3.1	+ 2.7	+ 1.5	+ 0.4	+ 1.8	- 5.8	+ 3.4	3	15	20	13	**2**	35
21	- 0.2	+ 2.7	- 2.0	+ 0.2	+ 1.7	- 3.0	+ 3.2	41	86	91	73	37	95
22	- 2.6	- 1.6	- 1.6	- 1.9	- 0.2	- 3.0	- 1.0	98	98	91	96	63	100
23	- 3.1	- 0.2	- 5.0	- 2.8	- 1.0	- 5.2	+ 0.1	85	64	95	81	60	98
24	- 7 2	- 4.4	- 5.6	- 5.7	- 3.7	- 7.8	- 2.3	95	84	20	66	15	98
25	- 4.2	- 1.7	- 4.0	- 3.3	- 1.2	- 5.1	- 0.8	12	34	66	37	10	80
26	- 5.5	- 3.7	- 5.5	- 4.9	- 2.6	- 6.0	- 2.6	86	86	100	91	72	100
27	- 4.1	- 3.4	- 2.7	- 3.4	- 1.0	- 5.0	- 2.5	100	100	100	100	100	100
28	- 2.0	- 1.1	- 1.2	- 1 4	+ 1.2	- 3.1	- 1.0	100	100	100	100	98	100
29	- 1.4	0.0	- 0.6	- 0.7	+ 2.0	- 1.6	+ 0.1	100	100	100	100	100	100
30	- 3.7	- 2 9	- 5.5	- 4.0	- 1.1	- 6.0	- 0.4	98	96	95	96	84	99
31	- 6.5	- 2 6	- 2.1	- 3.7	- 0.7	- 7.0	- 1.7	94	99	99	97	90	100
Mois	- 1.00	+ 1.59	- 0.55	+ 0.01	+ 0.49	- 2.67	+ 2.61	70	71	77	73		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	67.88	67.98	67.99	67.96	66	60	77	68
2e »	63.89	64.46	64.59	64.31	61	65	66	64
3e »	62.02	62.15	62.61	62.25	83	86	87	85
Mois	64.51	64.77	64.95	64.76	70	71	77	73

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 2.79	+ 5.86	+ 2.89	+ 3.85	+ 3.61
2e »	— 1.84	+ 0.97	— 1.00	— 0.62	— 0.72
3e »	— 3.68	— 1 72	— 3.25	— 2.88	— 2.97
Mois	— 1.00	+ 1.59	— 0.55	+ 0.01	— 0.13

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{73}{77} = 0.95$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W.
Son intensité est égale à 4.3 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres	142.5	140.4	173.8	291.1
Neige en centimètres....	0cm	0cm	30cm	124cm

LES

ANHYDRIDES ORGANO-MINÉRAUX

PAR

Amé PICTET

(*Suite et fin*[1].)

CHAPITRE VIII

L'ACIDE ACÉTOPHOSPHORIQUE

(M. P. Genequand)

L'acide métaphosphorique étant de tous les acides minéraux celui qui se rapproche le plus par sa constitution de l'acide nitrique, c'est à lui que nous nous sommes adressés en premier lieu afin de rechercher si d'autres acides inorganiques peuvent, comme l'acide nitrique, donner des anhydrides mixtes avec les acides organiques.

L'acide métaphosphorique ne se dissout dans l'acide acétique glacial ni à froid, ni à l'ébullition sous la pression ordinaire, mais il entre en solution lorsqu'on chauffe le mélange pendant plusieurs heures en tubes fermés à la température de 180°. On obtient un liquide sirupeux, incolore, qui ne cristallise pas par un repos

[1] Voir *Archives*, XV, 589, et XVI, 191.

prolongé. Ce liquide renferme le produit de la réaction mélangé à de l'acide acétique en excès. Pour séparer les deux corps, le mieux est d'ajouter de l'éther bien desséché ou du tétrachlorure de carbone. Il se dépose alors une substance gommeuse; on la lave à plusieurs reprises à l'éther ou au tétrachlorure pour la débarrasser complètement de l'acide acétique non combiné, puis on la fait rapidement sécher dans le vide sur l'acide sulfurique.

Cette substance est très hygroscopique et très instable. Les moindres traces d'humidité la décomposent et lui font perdre une partie de son acide acétique. Avec quelques précautions nous avons cependant réussi à fixer sa composition. Celle-ci correspond à un produit d'addition d'une molécule d'acide acétique et d'une molécule d'acide métaphosphorique, $C_2H_4O_2.HPO_3$.

Comme tous les anhydrides organo-minéraux, le corps en question est décomposé par l'eau froide; il se dédouble alors en acide *phosphorique* et acide acétique. La solution ne donne plus les réactions de l'acide métaphosphorique, mais bien toutes celles de l'acide phosphorique tribasique. Elle contient aussi de l'acide acétique libre.

Nous avons dosé ce dernier par distillation de la solution et titration du liquide obtenu. La moyenne de deux opérations nous a donné le chiffre de 43,28 °/₀. Dans le résidu de la distillation nous avons précipité l'acide phosphorique au moyen de la mixture magnésienne. 0,5668 gr. de substance nous ont donné 0,4526 gr de $Mg_2P_2O_7$, correspondant à 22,23 °/₀ de phosphore.

Ces chiffres concordent avec ceux qu'exige la formule $C_2H_5O_5P$, soit $C_2H_4O_2.HPO_3$:

	Trouvé	Calculé
$C_2H_4O_2$	43,28 %	42,86 %
P	22,23	22,14

Par analogie avec l'acide acétonitrique, nous croyons pouvoir envisager notre produit comme un anhydride mixte de l'acide acétique et de l'acide phosphorique, soit comme l'acide *monoacétylphosphorique*

$$O=P\begin{cases}OH\\OH\\OCOCH_3\end{cases}$$

Sa formation a lieu selon l'équation :

$$O=P\begin{cases}OH\\ \\O\end{cases} + \begin{matrix}OH\\ |\\COCH_3\end{matrix} = O=P\begin{cases}OH\\OH\\OCOCH_3\end{cases}$$

Acide métaphosphorique — Acide acétique — Acide acétophosphorique

sa décomposition par l'eau froide selon l'équation :

$$O=P\begin{cases}OH\\OH\\OCOCH_3\end{cases} + H_2O = O=P\begin{cases}OH\\OH\\OH\end{cases} + CH_3COOH$$

Acide acétophosphorique — Acide phosphorique — Acide acétique

L'acide métaphosphorique se comporte donc vis-à-vis de l'acide acétique comme l'acide nitrique, à cette différence près qu'il ne fixe, du moins à la température de 180°, qu'une seule molécule d'acide acétique. Peut-être pourrait-il en fixer deux à une température supérieure, pour donner naissance à un dérivé diacétylé de l'acide $P(OH)_5$.

Mentionnons à ce propos que Kämmerer et Carius[1] ont décrit en 1864 sous le nom d'*acide diacétylphosphorique* un corps qu'ils avaient obtenu dans l'action du chlorure d'acétyle sur le phosphate d'argent. Ils lui attribuèrent la formule $P(OH)_3(C_2H_3O_2)_2$. Mais cette formule, qui n'a du reste été déduite que d'une seule analyse du sel de chaux, nous paraît douteuse. D'après nos observations sur les anhydrides mixtes, il nous semble fort invraisemblable qu'un représentant de cette classe de corps puisse être stable en solution aqueuse et fournir des sels par saturation de cette solution au moyen des bases, ainsi que c'est le cas du produit de Kämmerer et Carius.

CHAPITRE IX

L'acide acétopyrophosphorique

(M. H. Friedmann)

Gal et Etard[2] ont observé, il y a une trentaine d'années, que l'anhydride phosphorique se dissout dans l'acide acétique avec un faible dégagement de chaleur, et qu'en distillant la solution on obtient une petite quantité d'anhydride acétique, tandis que la majeure partie de la substance se carbonise.

Nous avons trouvé que l'on arrive à un autre résultat si l'on ne pousse la distillation que jusqu'à la température de 120-130°, de manière à ne chasser que l'acide acétique en excès. Il reste alors une masse siru-

[1] *Annalen*, **131**, 171 (1864).
[2] *Comptes rendus*, **82**, 457 (1876).

peuse et peu colorée, que l'on débarrasse des dernières traces d'acide acétique par des lavages répétés à l'éther sec. On obtient ainsi un liquide très épais, jaune pâle, inscristallisable et très hygroscopique, qui se dissout facilement dans l'eau et dans l'alcool.

Ce corps est l'*acide diacétylpyrophosphorique*

$$\begin{matrix} O \searrow & & OCOCH_3 \\ & P < & OH \\ O < & & \\ & P < & OH \\ O \nearrow & & OCOCH_3 \end{matrix}$$

Cela résulte des faits suivants :

1° Il est dédoublé par l'eau froide en ses deux constituants. La solution donne toutes les réactions de l'*acide pyrophosphorique*. Chauffée à l'ébullition, elle fournit de l'acide acétique, qui passe avec les vapeurs d'eau, et de l'acide phosphorique, qui reste en solution.

2° Dissous dans l'ammoniaque, il forme un sel qui, par distillation sèche, fournit de l'acétamide. Avec l'aniline on obtient de même de l'acétanilide.

3° Sa teneur en phosphore correspond exactement à la formule ci-dessus. Le dosage a été effectué en faisant bouillir la substance avec de l'eau et en précipitant ensuite par la mixture magnésienne.

0,6738 gr. subst. ont donné 0,5712 gr. $Mg_2P_2O_7$
Trouvé : 23,60 % P,
Calculé pour $C_4H_8O_9P_2$: 23,66.

Il ne nous a pas été possible de déterminer par combustion la teneur en carbone et en hydrogène, car une partie du carbone reste inclus dans l'acide métaphosphorique fondu et ne peut brûler.

La formation de l'acide acétopyrophosphorique est conforme à celle des autres anhydrides mixtes et réside

en une simple addition. De même que l'anhydride phosphorique fixe à froid deux molécules d'eau pour donner naissance à l'acide pyrophosphorique, il s'unit à deux molécules d'acide acétique pour fournir l'acide diacétylpyrophosphorique :

$$\begin{array}{l} O\diagdown \\ O< \begin{array}{l} P=O \\ P=O \end{array} \\ O\diagup \end{array} + \begin{array}{l} HOH \\ HOH \end{array} = \begin{array}{l} O\diagdown \qquad OH \\ O< \begin{array}{l} P<OH \\ P<OH \end{array} \\ O\diagup \qquad OH \end{array}$$

Anhydride phosphorique — Acide pyrophosphorique

$$\begin{array}{l} O\diagdown \\ O< \begin{array}{l} P=O \\ P=O \end{array} \\ O\diagup \end{array} + \begin{array}{l} HO-COCH_3 \\ HO-COCH_3 \end{array} = \begin{array}{l} O\diagdown \qquad OCOCH_3 \\ O< \begin{array}{l} P<OH \\ P<OH \end{array} \\ O\diagup \qquad OCOCH_3 \end{array}$$

Anhydride phosphorique — Acide diacétylpyrophosphorique

En faisant agir le chlorure d'acétyle sur l'acide phosphoreux, Menschutkin[1] a obtenu en 1864 un acide $H_3P_2O_4(C_2H_4O_2)$, qu'il appela *acide acétopyrophosphoreux*. Il observa que ce corps est oxydé par l'eau oxygénée en se transformant en un autre acide :

$$H_3P_2O_5(C_2H_4O_2),$$

auquel il donne le nom d'*acide acétopyrophosphorique*.

Comme ces deux acides sont stables en solution aqueuse et fournissent des sels, que Menschutkin a analysés, il nous semble que leur constitution doit être très différente de celle du produit que nous avons obtenu. Ce sont des dérivés de l'acide phosphoreux $H-PO(OH)_2$, dans lesquels le radical acétyle remplace

[1] *Annalen* **133**, 317; **136**, 254 (1864-1865).

l'hydrogène lié directement au phosphore. Ils possèdent probablement les formules :

$$\begin{array}{l} O=P\begin{array}{l}\diagup COCH_3 \\ \diagdown OH\end{array} \\ O< \\ O=P\begin{array}{l}\diagup OH \\ \diagdown H\end{array} \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{l} O=P\begin{array}{l}\diagup COCH_3 \\ \diagdown OH\end{array} \\ O< \\ O=P\begin{array}{l}\diagup OH \\ \diagdown OH\end{array} \end{array}$$

et ne rentrent pas dans la catégorie des anhydrides mixtes, chez lesquels l'union des deux radicaux acides se fait par l'intermédiaire d'un atome d'oxygène.

Il en est de même de l'*acide acétodiphosphoreux* que MM. Bæyer et Hofmann[1] ont préparé en faisant réagir dans d'autres conditions le chlorure d'acétyle sur l'acide phosphoreux, et auquel ils attribuent eux-mêmes la formule :

$$CH_3-C(OH)\begin{array}{l}\diagup PO(OH)_2 \\ \diagdown PO(OH)_2\end{array}$$

CHAPITRE X

L'acide acétochromique

(M. P. Genequand)

Le faible dégagement de chaleur et le changement de couleur que l'on observe lorsqu'on dissout l'acide chromique dans l'acide acétique semblent déjà indiquer qu'il ne s'agit pas ici d'une simple dissolution, mais qu'il doit se produire une combinaison entre les deux substances. En effet, lorsqu'on évapore la solution au bain-marie, on obtient comme résidu une sorte de vernis brun foncé, qui renferme à la fois de l'acide chromique et de l'acide acétique ; ces deux corps y sont

[1] *Berichte* **30**, 1973 (1897).

combinés l'un à l'autre, car il n'est pas possible de les séparer par traitement au moyen de dissolvants appropriés.

On ne peut cependant pas obtenir de cette manière un produit pur et de composition constante, car il s'altère déjà plus ou moins à la température du bain-marie. Il vaut mieux le préparer à froid, et additionner la solution acétique de benzène, de chloroforme, ou mieux encore de tétrachlorure de carbone. Le corps en question se précipite alors sous la forme d'une masse semi-liquide, de couleur brun rouge foncé ; on la sépare par décantation, on la fait bouillir à plusieurs reprises avec du tétrachlorure de carbone pour éliminer tout l'acide acétique en excès, et on la sèche finalement dans le vide. Elle se solidifie alors peu à peu et prend l'aspect d'une substance brune, dure et amorphe. Toutes nos tentatives pour l'obtenir à l'état cristallisé ont échoué.

L'analyse de ce corps montre qu'il renferme les éléments d'une molécule d'anhydride chromique et d'une molécule d'acide acétique.

I. 0,2891 gr. subst. - 0,1626 gr. CO_2 - 0,0680 gr. H_2O
II. 0,1126 » - 0,0530 gr. Cr_2O_3

	Trouvé		Calculé pour
	I	II	$C_2H_4O_5Cr$
C	15,34 %	—	15,00 %
H	2,61	—	2,50
Cr	—	32,22 %	32,50

Ce corps constitue donc l'*acide monoacétylchromique;* il prend naissance par un procédé d'addition en

tous points semblable à celui qui fournit en présence d'eau l'acide chromique bibasique H_2CrO_4 :

$$O_2{=}Cr{=}O + H{-}OH = O_2{=}Cr(OH)_2$$

Anhydride chromique — Acide chromique

$$O_2{=}Cr{=}O + CH_3CO{-}OH = O_2{=}Cr(OH)(OCOCH_3)$$

Anhydride chromique — Acide acétochromique

Nous avons cherché à confirmer l'exactitude de cette formule par la détermination du poids moléculaire au moyen de la méthode cryoscopique. Malheureusement, le seul dissolvant qui pût être employé dans ce but était l'acide acétique, l'acide acétochromique s'étant montré insoluble dans tous les autres liquides utilisés en cryoscopie. Or l'expérience faite avec l'acide acéto-nitrique nous avait montré que l'acide acétique ne se prête pas à cette détermination et qu'il fournit pour le poids moléculaire un chiffre trop élevé, probablement parce qu'il se combine à basse température avec la substance dissoute. Nous avons constaté un fait semblable pour l'acide acétochromique. L'abaissement du point de solidification nous a conduit au chiffre de 233 pour le poids moléculaire. Or ce chiffre s'éloigne beaucoup de celui qu'exige la formule $C_2H_4O_5Cr$ (160), tandis qu'il coïncide approximativement avec celui qui correspond à la formule $C_4H_8O_7Cr$ soit $C_2H_4O_5Cr + C_2H_4O_2$ (220). Il est donc très probable qu'à basse température l'acide acétochromique se combine à une seconde molécule d'acide acétique, et on ne peut tirer

de cette expérience aucune conclusion sur le poids moléculaire du composé primitif.

L'acide acétochromique est très instable vis-à-vis de la chaleur. Lorsqu'on le chauffe lentement, il se décompose brusquement à 140° et brûle à la manière des serpents de Pharaon en laissant une masse boursouflée et très volumineuse d'oxyde de chrome. Le même phénomène a lieu dans une atmosphère d'anhydride carbonique ; il se forme aussi de l'oxyde de chrome ; seulement, comme la quantité d'oxygène contenue dans la combinaison n'est pas suffisante pour en brûler entièrement la partie organique, il se produit en même temps une petite quantité d'un liquide volatil, à odeur empyreumatique et à réaction acide.

L'acide acétochromique est insoluble dans l'éther, le sulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone et l'éther de pétrole ; il est très peu soluble dans le benzène et le chloroforme ; il se dissout, en revanche, facilement dans l'éther acétique et dans l'acétone, en donnant une solution brun foncé à réaction acide.

L'eau froide le dissout aisément aussi, mais en le décomposant. La solution n'est pas brun foncé comme les précédentes, mais rouge jaunâtre comme celle de l'acide chromique. Elle donne toutes les réactions de ce dernier acide, mais contient en même temps de l'acide acétique. Celui-ci passe avec les vapeurs d'eau lorsqu'on distille la solution, et a été caractérisé comme tel.

La même décomposition s'accomplit en présence de l'air humide ; l'acide acétochromique attire rapidement l'eau, redevient gommeux, et répand en même temps l'odeur de l'acide acétique.

L'action oxydante de l'acide acétochromique est plus faible que celle de l'acide chromique lui-même. Il se dissout tranquillement à froid dans les alcools méthylique et éthylique, et ce n'est qu'au bout d'un certain temps, ou lorsqu'on chauffe, qu'il se produit une réaction, avec formation d'aldéhyde et coloration verte du liquide. Lorsqu'on humecte l'acide acétochromique sec de quelques gouttes d'alcool ou d'acétone, il n'y a pas inflammation comme avec l'acide chromique.

En dissolvant l'anhydride chromique dans l'acide butyrique, nous avons obtenu un composé très semblable à l'acide acétochromique, et constituant très probablement l'*acide butyrochromique* $CrO_2(OH)(O_2C_4H_7)$. C'est une poudre brun foncé, amorphe et très hygroscopique.

Analyse : 0,2164 gr. subst. - 0,0862 gr. Cr_2O_3	
Trouvé	Cr = 27,25 %
Calculé pour $C_4H_8O_5Cr$	27,65

L'acide valérianique, en revanche, ne nous a pas fourni de dérivé analogue, car il est trop rapidement oxydé par l'acide chromique. Il en est de même de l'acide formique, qui est attaqué très violemment et ne paraît pas davantage pouvoir former un anhydride mixte avec l'acide chromique qu'avec l'acide nitrique.

CHAPITRE XI

L'ANHYDRIDE ACÉTO-ARSÉNIEUX

(M. P. Genequand)

L'anhydride arsénieux n'est attaqué par l'acide acétique ni à l'ébullition, ni en vase clos à la température de 200°. Il se dissout, en revanche, dans l'anhydride

acétique et forme avec lui un produit d'addition, lorsqu'on fait bouillir le mélange des deux corps, ou même lorsqu'on le chauffe au bain-marie. Schutzenberger[1] avait déjà observé ce fait, mais il n'avait pas réussi à isoler à l'état de pureté le produit de la combinaison. Nous y sommes parvenus en opérant comme suit :

Une certaine quantité d'anhydride acétique étant chauffée au bain-marie, on y introduit par petites portions de l'anhydride arsénieux en poudre, tant que celui-ci se dissout. Cette opération dure longtemps, car la dissolution est des plus lentes. On peut l'activer en chauffant plus haut, mais on risque alors d'obtenir une solution trouble et plus ou moins fortement colorée en brun, tandis que celle qui se forme à la température du bain-marie reste toujours limpide et incolore.

Cette solution est ensuite soumise à la distillation fractionnée sous pression réduite. L'anhydride acétique en excès passe d'abord, puis le thermomètre monte rapidement à 175° (sous la pression de 30^{mm}), et à cette température constante le reste de la substance distille à l'état d'un liquide incolore et assez fluide. Celui-ci reste parfois fort longtemps en surfusion, puis il se concrète brusquement en une masse cristalline d'un blanc éclatant, formée de longues aiguilles. Ainsi que le montrent son analyse et la détermination de son poids moléculaire, ce corps est l'*anhydride mixte de l'acide arsénieux et de l'acide acétique*

$$\left.\begin{matrix} CH_3COO \\ CH_3COO \\ CH_3COO \end{matrix}\right\rangle As.$$

Nous avons effectué le dosage d'arsenic par deux

[1] *Comptes rendus*, **53**, 539 (1861).

méthodes différentes : 1° en dissolvant la substance dans l'eau froide, évaporant à siccité dans une capsule de platine, et pesant le résidu d'anhydride arsénieux (analyse I). — 2° en faisant bouillir la solution aqueuse avec de l'acide nitrique et en précipitant l'acide arsenique formé à l'état de sel ammoniaco-magnésien (analyse II). — Quant à l'acide acétique, nous l'avons dosé en distillant la solution aqueuse, après l'avoir séparée par filtration du précipité d'acide arsénieux, et en titrant le produit de la distillation Nous avons obtenu les chiffres suivants :

I. 1,1504 gr. subst. - 0,4465 gr. As_2O_3
II. 0,5947 » - 0,4445 gr. $MgNH_4AsO_4 . {}^1/_2 H_2O$.
III. 3,1892 » - 2,2697 gr. $C_2H_4O_2$

	Trouvé			Calculé pour
	I	II	III	$(CH_3COO)_3As$
As	29,40 %	29,50 %	—	29,76 %
$C_2H_4O_2$	—	—	71,17 %	71,43

Nous avons déterminé le poids moléculaire par la méthode cryoscopique dans le bromoforme :

I. 0,3710 gr. subst. - 41,2 gr. $CHBr_3$ - Abaissement 0,5°
II. 1,7327 » - 46,4 » » 2,1°

Trouvé		Calculé pour
I	II	$(CH_3COO)_3As$
259	256	252

L'anhydride acéto-arsénieux prend naissance par simple addition, selon l'équation suivante :

$$As_2O_3 + 3\ O{<}^{COCH_3}_{COCH_3} = 2As(OCOCH_3)_3$$

Il cristallise dans le sulfure de carbone ou dans un mélange de chloroforme et d'éther en longues aiguilles blanches, fusibles à 82°. Il se dissout facilement dans

l'éther, le benzène, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, les alcools méthylique et éthylique ; il est peu soluble dans le sulfure de carbone et presque insoluble dans l'éther de pétrole. Il est extrêmement hygroscopique ; l'humidité de l'air le dédouble rapidement en anhydride arsénieux et acide acétique. Il ne distille pas sans altération à la pression ordinaire, mais se décompose vers 200° en donnant, entre autres, de l'anhydride acétique et en laissant un résidu d'arsenic métallique.

Il faut noter que Pohl[1] avait déjà cherché à préparer ce corps par l'action du chlorure d'acétyle sur l'anhydride arsénieux, mais sans pouvoir l'isoler. En remplaçant le chlorure d'acétyle par le chlorure de benzoyle, il a, en revanche, obtenu un produit plus stable, qu'il considère comme le dérivé benzoïque correspondant $(C_6H_5COO)_3As$.

CHAPITRE XII

L'ANHYDRIDE ACÉTOBORIQUE[2]

(Mlle A. Geleznoff)

Lorsqu'on chauffe pendant 4 ou 5 heures au bain-marie un mélange d'anhydride borique finement pulvérisé et d'anhydride acétique, le premier se dissout lentement, mais complètement. La solution laisse déposer par refroidissement une substance cristalline, que l'on peut purifier en la redissolvant dans l'acide acéti-

[1] *Berichte* **22**, 973 (1889).

[2] Extrait de la thèse de Mlle Geleznoff : L'anhydride acétoborique. Genève 1904.

que glacial et en la précipitant par l'éther sec. On obtient ainsi de belles aiguilles plates très hygroscopiques, qui fondent a 121°. Ce corps est l'*anhydride mixte de l'acide borique et de l'acide acétique* ; il prend naissance selon l'équation :

$$B_2O_3 + 3\,O{<}\begin{matrix}COCH_3\\COCH_3\end{matrix} = 2\,B{\lessdot}\begin{matrix}OCOCH_3\\OCOCH_3\\OCOCH_3\end{matrix}$$

Ce même composé se forme aussi, ainsi que nous l'avons constaté, par l'action du chlorure d'acétyle ou par celle de l'anhydride acétique sur l'*acide* borique.

De ces trois modes de formation, c'est le dernier qui se prête le mieux à la préparation du corps. On chauffe lentement au bain-marie 1 partie (1 mol.) d'acide borique et 5 parties (3 mol.) d'anhydride acétique. Dès que le mélange a atteint 60°, il se produit une vive réaction ; le liquide entre en ébullition et l'acide borique se dissout :

$$B(OH)_3 + 3\,(CH_3CO)_2O = B(OCOCH_3)_3 + 3\,CH_3COOH.$$

L'anhydride acétoborique formé se dépose presque entièrement par refroidissement ; la petite quantité qui reste dans les eaux-mères peut en être retirée par addition d'éther. 30 gr. d'acide borique donnent 90 gr. d'anhydride, ce qui correspond a 99 °/₀ du rendement théorique.

Nous avons procédé comme suit à l'*analyse* du composé :

Le dosage du *bore* peut se faire par simple calcination. L'anhydride acétoborique se décompose, en effet, lorsqu'on le chauffe, et laisse un résidu d'anhydride borique, du poids duquel on déduit celui du bore (analyse I). Mais il arrive fréquemment que ce résidu

retient une petite quantité de charbon ; c'est pourquoi il est préférable d'employer le procédé recommandé par Rosenbladt[1], qui consiste à mélanger la substance, avant de la chauffer, avec un poids connu de magnésie fraîchement calcinée. La partie organique du composé est alors entièrement éliminée, par volatilisation ou par combustion, et le résidu est parfaitement blanc ; son augmentation de poids donne celui de l'anhydride borique (analyses II et III).

I	0,5304 gr. subst.	— 0,1004 gr. B_2O_3	
II	0,7882 »	— 0,1482 »	
III	0,5922 »	— 0,1102 »	

	Trouvé			Calculé pour
	I	II	III	$C_6H_9O_6B$
B	5,95 %	5,91 %	5,85 %	5,85 %

C'est par ce procédé que nous avons déterminé la teneur en bore de la plupart des composés qui seront décrits plus loin.

Quant au dosage de l'*acide acétique*, nous l'avons effectué en dissolvant l'anhydride acétoborique dans l'eau chaude, ce qui amène sa décomposition complète en acide acétique et acide borique. Nous avons ensuite précipité ce dernier par l'eau de baryte, filtré et ajouté la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour saturer l'excès de baryte et décomposer l'acétate de baryum formé ; enfin nous avons soumis le tout à la distillation et déterminé par titration la quantité d'acide acétique contenue dans le liquide distillé.

1,5092 gr. subst. — 1,4402 gr. acide acétique.

	Trouvé	Calculé pour $C_6H_9O_6B$
Ac. acétique	95,42 %	95,74 %.

[1] *Zeitschrift für analyt. Chemie* **26**, 18 (1887).

La détermination du *poids moléculaire*, par cryoscopie dans l'acide acétique, a donné les chiffres suivants :

I	0.2731 gr. subst.	—	21,9 gr. $C_2H_4O_2$	—	Abaissem[t]	0,25°
II	0,1915 »	—	28,7 »	—	»	0,13°

Trouvé		Calculé pour
I	II	$C_6H_9O_6B$
193	198	188

Propriétés.

L'anhydride acétoborique cristallise dans l'acide acétique glacial en aiguilles incolores, fusibles à 121°. Il ne distille pas sans décomposition, même sous pression réduite ; la chaleur le dédouble vers 130° en ses deux constituants.

L'eau froide le décompose instantanément en acides acétique et borique ; il en est de même de l'humidité de l'air. L'anhydride se dissout facilement dans le chloroforme, l'acétone et l'éther acétique, assez facilement dans l'acide acétique ; il est peu soluble dans le benzène, et insoluble dans l'éther, la ligroïne et le tétrachlorure de carbone.

Par toutes ses propriétés, physiques et chimiques, l'anhydride acétoborique se rapproche beaucoup du dérivé correspondant du silicium, $Si(OCOCH_3)_4$, que Friedel et Ladenburg[1] ont obtenu en 1868 en faisant agir le chlorure de silicium sur l'acide acétique.

Action des alcools

Les alcools réagissent avec l'anhydride acétoborique

[1] *Annales chim. phys.* (4) **27**, 428 (1868).

en donnant les éthers boriques correspondants, avec mise en liberté d'acide acétique.

$$B(OCOCH_3)_3 + 3\ ROH = B(OR)_3 + 3\ CH_3COOH.$$

Dans aucun cas nous n'avons observé, même accessoirement, la formation inverse d'éthers acétiques et d'acide borique libre.

Cette réaction peut servir à préparer les éthers boriques. Il suffit de faire bouillir pendant quelques instants l'anhydride acétoborique avec la quantité calculée de l'alcool, et d'isoler ensuite l'éther par distillation fractionnée. Ce procédé très simple et très rapide peut remplacer avec avantage la méthode qui consiste à chauffer sous pression l'anhydride borique avec les alcools.

Nous avons préparé de cette manière la série des éthers neutres déjà décrits par Schiff[1] :

borate de méthyle,	point d'ébullition	65°
» éthyle	»	119°
» isopropyle	»	140°
» isobutyle	»	212°
» isoamyle	»	258°

Le *glycol* réagit de la même manière avec l'anhydride acétoborique. En distillant le produit à la pression ordinaire, nous avons obtenu un liquide huileux, bouillant à 271-272°, qui s'est solidifié par refroidissement en une masse cristalline, fusible à 100°. Ce corps est différent de l'éther

$B(OCH_2.CH_2OH)_3$ (p[t] de fus. 161,7°)

[1] *Annalen*, Suppl. **5**, 154 (1867).

obtenu par Councler[1] en traitant le glycol par le chlorure de bore. Il constitue le borate neutre

$$B \begin{cases} O.CH_2.CH_2.O \\ O.CH_2.CH_2.O \\ O.CH_2.CH_2.O \end{cases} B$$

Analyse : B trouvé 10,62 % — calculé 10,89 %

Il est peu soluble dans l'alcool, insoluble dans les autres dissolvants. L'eau le décompose lentement à froid, rapidement à chaud.

La *glycérine* donne dans les mêmes conditions le borate neutre $C_3H_5O_3B$, déjà décrit par Schiff (l. c.).

Action des phénols.

Lorsqu'on dissout à chaud l'anhydride acétoborique (1 mol.) dans le phénol (3 mol.) et qu'on soumet le produit à la distillation, il passe d'abord de l'acide acétique, puis le thermomètre monte rapidement au-dessus de 300° et l'on recueille une huile épaisse qui se solidifie rapidement. Ce corps est le *borate neutre de phényle* $(C_6H_5O)_3B$, déjà obtenu par Michaelis et Hillringhaus[2] en traitant le phénol par le chlorure de bore.

Analyse : B	trouvé 3,72 %	—	calculé 3,79 %
C_6H_5OH	» 97,08 %	—	» 97,24 %

Il cristallise dans l'éther de pétrole en petites aiguilles blanches, fusibles à 50°. Il est peu soluble à froid dans le benzène et l'éther de pétrole, facilement soluble dans l'alcool, l'acétone et le chloroforme, et insoluble dans l'éther.

[1] *Berichte* **11**, 1106 (1878).
[2] *Annalen* **315**, 41 (1901).

En remplaçant, dans la réaction précédente, le phénol par l'α-naphtol, on obtient le *borate d'α-naphtyle* $(C_{10}H_7O)_3B$. Celui-ci ne peut être isolé par distillation, car il n'est pas volatil sans décomposition. On doit se borner à chasser l'acide acétique au bain d'huile et à purifier le résidu par cristallisation dans le benzène. On obtient ainsi des aiguilles incolores, qui fondent à 84-85° et se dissolvent facilement dans l'alcool, l'éther, l'acétone, le benzène et le chloroforme.

B trouvé 2,40 % — calculé 2,50 %

Le β-naphtol fournit de même le *borate de β-naphtyle*, préparé aussi par Michaelis et Hillringhaus au moyen du chlorure de bore. Poudre cristalline, point de fusion 116°, facilement soluble dans l'alcool, l'éther, l'acétone et l'éther acétique, peu soluble dans le benzène, l'éther de pétrole et le tétrachlorure de carbone, insoluble dans le sulfure de carbone.

B trouvé 2,35 % — calculé 2,50 %

Action des acides.

Beaucoup d'acides organiques réagissent à chaud sur l'anhydride acétoborique. Il y a double décomposition et il se forme d'un côté de l'acide acétique, et de l'autre l'anhydride mixte de l'acide borique et de l'acide organique employé. Exemple :

$$(CH_3.COO)_3B + 3C_6H_5.COOH = (C_6H_5.COO)_3B + 3CH_3COOH$$

Tous les acides organiques que nous avons examinés à ce point de vue se sont comportés de même, à l'exception de l'acide formique et de l'acide oxalique.

Il suffit de chauffer quelques instants au bain-marie le mélange des deux corps, d'éliminer par distillation l'acide acétique formé et de purifier le résidu par cristallisation dans le benzène ou l'acétone. Nous avons préparé de cette manière les composés suivants :

Anhydride trichloracétoborique, $(CCl_3.COO)_3B$. Cristaux incolores. Point de fusion 165°. Facilement soluble dans l'alcool et l'éther, peu soluble dans l'acétone, insoluble dans le benzène, l'éther de pétrole, le sulfure de carbone et le tétrachlorure de carbone.

B trouvé 2,55 % — calculé 2,27 %

Anhydride butyroborique (normal), $(C_4H_7O_2)_3B$. Liquide. Densité 1,064 à 23°. Facilement soluble dans tous les dissolvants organiques.

B trouvé 4,19 % — calculé 4,04 %

Anhydride isovaléroborique, $(C_5H_9O_2)_3B$. Liquide. Densité 1,024 à 21,5°. Facilement soluble dans tous les dissolvants organiques.

B trouvé 3,49 % — calculé 3,50 %

Anhydride stéaroborique, $(C_{18}H_{35}O_2)_3$ B. Petits cristaux incolores. Point de fusion 73°. Facilement soluble dans l'éther, le benzène, l'éther de pétrole, le sulfure de carbone et le tétrachlorure de carbone, moins soluble dans l'acétone.

B trouvé 1,43 % — calculé 1,28 %

Anhydride succinyloborique, $(C_4H_4O_4)_3$ B_2. Cristaux fusibles à 164°. Soluble dans l'acétone et dans le chloroforme bouillant. Insoluble dans l'éther, la li-

groïne, le tétrachlorure de carbone et le sulfure de carbone.

B trouvé 6,25 % — calculé 5,94 %

Anhydride benzoborique, $(C_6H_5COO)_3B$. Paillettes blanches. Point de fusion 145°. Insoluble à froid dans le chloroforme, l'éther, le benzène, le sulfure de carbone, l'éther de pétrole et le tétrachlorure de carbone ; facilement soluble dans l'acétone.

B trouvé 2,71 % — calculé 2,94 %

Anhydride salicyloborique, $(C_7H_5O_3)_3B$. Aiguilles microscopiques. Point de fusion 258-259°. Un peu soluble dans le benzène, insoluble dans les autres dissolvants organiques.

B trouvé 2,77 % — calculé 2,61 %

Anhydride phtaloborique, $(C_6H_4 . C_2O_4)_3 B_2$. Aiguilles prismatiques, fusibles à 165°. Peu soluble dans le benzène, l'éther acétique et le chloroforme, insoluble dans l'éther, la ligroïne, le sulfure et le tétrachlorure de carbone, facilement soluble dans l'acétone.

B trouvé 4,65 % — calculé 4,28 %

Tous ces corps sont décomposés par l'eau et réagissent avec les alcools, comme l'anhydride acétoborique lui-même, en donnant les éthers boriques et l'acide organique libre.

Nous avons constaté qu'ils prennent aussi naissance dans d'autres réactions, en particulier :

1° Dans l'action des chlorures d'acides sur l'anhydride acétoborique, avec dégagement de chlorure d'acétyle. Nous avons ainsi obtenu les anhydrides ben-

zoborique et phtaloborique. En revanche, l'éther chlorocarbonique et le chlorure de picryle n'ont fourni aucune réaction.

2° Dans l'action des chlorures d'acides (par exemple des chlorures de benzoyle et de phtalyle) sur l'acide borique lui-même.

3° Dans celles des anhydrides (par exemple de l'anhydride phtalique) sur l'acide borique.

Mais dans tous ces cas la réaction est moins nette et les rendements moins bons que dans le procédé indiqué en premier lieu.

On voit par ce qui précède qu'il faut accorder une portée assez générale à la formation des anhydrides mixtes par combinaison des acides minéraux aux acides organiques. Je me propose de donner encore d'autres exemples de cette réaction; j'ai observé, entre autres, que l'acide nitreux, l'oxyde d'antimoine et celui de bismuth, fournissent avec les acides organiques des composés analogues à ceux qui viennent d'être décrits. Ces corps sont actuellement à l'étude, et j'espère pouvoir revenir sur leurs propriétés dans un prochain article.

Genève, Laboratoire de Chimie pharmaceutique de l'Université, juin 1903.

ERRATUM : Tome XV, page 595, ligne 16, analyse II, °/₀ en C, au lieu de *21,21*, lisez *26,21*.

ÉTUDES PHYSICO-CHIMIQUES

SUR

L'ÉLECTROLYSE DES CHLORURES ALCALINS

(1er Mémoire).

Théorie élémentaire des Electrolyseurs à diaphragmes

PAR

Philippe-A. GUYE

(Suite et fin [1].)

CHAPITRE III

PREMIÈRES VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES. COMPARAISONS DES DEUX SYSTÈMES DE MARCHE. APPLICATIONS.

La vérification expérimentale des relations qui viennent d'être établies fera l'objet de mémoires actuellement en préparation, relatant divers travaux de laboratoire exécutés dans ce but.

Cependant, à titre de première indication, il sera utile de comparer les résultats de la théorie avec ceux de deux expériences industrielles dont la Société « Volta » a bien voulu nous donner communication, ce dont nous lui exprimons ici toute notre reconnaissance.

[1] Voir *Archives*, juin 1903, t. XV, p. 612, et octobre, t. XVI, p. 393.

Ce sera en même temps l'occasion de préciser le sens numérique des relations que nous avons établies.

Ces expériences ont été effectuées avec un électrolyseur d'essai, dont le compartiment cathodique contenait 275 litres de liquide. En voici les éléments :

1re Expérience. *Marche par cuvée à 1150 ampères.* La solution cathodique a été maintenue saturée par contact avec du sel solide en excès ; la teneur en soude du liquide cathodique a été déterminée toutes les heures.

2me Expérience. *Marche en régime à 1300 ampères.* La solution cathodique était saturée de sel ; de même la solution servant à l'alimentation ; il n'y avait pas de sel solide en contact avec le liquide cathodique.

Dans les deux expériences, la température était voisine de 40°.

Pour calculer la production théorique en soude, il est commode de dresser d'abord un tableau numérique donnant pour les diverses valeurs de c les valeurs correspondantes des diverses expressions analytiques dont nous aurons à faire usage.

Pous les solutions de sel maintenues saturées, le rendement instantané est donné, a une température de 50°, par l'expression

$$r = \frac{1}{(1 + ac)^3}$$

dans laquelle $a = 2,50$. Dans un prochain mémoire nous développerons les considérations qui conduisent à ce résultat. Cette valeur de a suppose l'endosmose et la diffusion nulles ou négligeables.

Dans le tableau I ci-après on a calculé, en regard de c, les valeurs des expressions suivantes :

$$(1 + ac)^{\frac{1}{3}} = \frac{1}{r} \quad \text{Colonne II}$$

$$\frac{1}{(1 + ac)^{\frac{1}{3}}} = r \quad \text{Colonne III}$$

$$\frac{3}{4}\,\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \quad \text{Colonne IV}$$

$$c\,(1 + ac)^{\frac{1}{3}} \quad \text{Colonne V}$$

$$\frac{3}{2\,a}\,(1 + ac)^{\frac{2}{3}} \quad \text{Colonne VI}$$

Avec des logarithmes, les calculs sont assez rapides.

Avec ces données nous sommes à même de résoudre toutes les questions qui dépendent des deux expériences rappelées plus haut.

1re Expérience. Marche par cuvée à 1150 ampères, volume du liquide cathodique : 275 litres.

Nous transcrivons dans les colonnes 1, 2 et 3 du tableau II, les résultats de l'expérience, à savoir : les heures de marche effective (t) comptées depuis le commencement de l'expérience, les concentrations moléculaires en soude du liquide cathodique c aux temps t, les mêmes concentrations en gr./L. On remarquera qu'au début de l'expérience ($t = o$) le liquide contenait 26,1 gr./L NaOH.

Nous n'avons relevé que quatre points correspondant à des dosages de soude effectués toutes les 6 à 8 heures ; en réalité ces dosages ont été effectués toutes les heures ; ils présentaient une grande régularité.

1er Problème. Calculer la concentration en soude aux temps t.

TABLEAU I

c	$(1+ac)^{1/3}$	$\frac{1}{(1+ac)^{1/3}}$	$\frac{3}{4a}\left[(1+ac)^{4/3}-1\right]$	$c\,(1+ac)^{1/3}$	$\frac{3}{2a}(1+ac)^{2/3}$
0,25	1,176	0.8704	0,2733	0,2940	0,8292
0,50	1,310	0,7632	0,5844	0,6550	1,030
0,75	1,422	0,7033	0,9264	1,066	1,213
1,—	1,518	0,6586	1,294	1,518	1,383
1,25	1,604	0,6235	1,684	2,005	1,543
1,50	1,681	0.5949	2.095	2,521	1,695
1,75	1,752	0,5709	2,524	3,066	1,841
2,—	1,817	0,5503	2,970	3,634	1,981
2,25	1,878	0.5324	3,432	4,225	2,116
2,50	1,935	0,5167	3,909	4,837	2,247
2,75	1,990	0,5026	4,401	5,472	2,375
3,—	2,041	0,4900	4,905	6,123	2,499
3,25	2.090	0.4786	5,421	6.792	2.620
3,50	2,136	0,4681	5,949	7,476	2,738
3,75	2,181	0,4585	6,489	8,179	2,854
4,—	2,224	0,4496	7,038	8,896	2,967

Toutes les interpolations se font rapidement avec la règle à calcul.

Nous appliquons la formule (17 *bis*) :

$$A_1 + 0,03729\,\frac{it}{V} = A_2 \qquad (\alpha)$$

dans laquelle $i = 1150$ et $V = 275$.

On calcule d'abord A_1 en observant que $c_1 = 0,653$ et l'on trouve au tableau I (4ᵉ colonne) que la valeur de

$$A_1 = \frac{3}{4\,a}\left[(1+ac_1)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \text{ est } 0,794$$

Il n'y a plus qu'à calculer les valeurs de A_2 par la formule

$$0,794 + \frac{0,03729 \times 1150}{275}\,t = A_2 \qquad (\beta)$$

en donnant à t les valeurs consignées à la 1re colonne du tableau II. Ces valeurs de A_2 sont inscrites dans la 4e colonne de ce tableau. En regard (5e colonne), on inscrit les valeurs correspondantes de c lues (au besoin en interpolant) dans le tableau I, et enfin, dans la 6e colonne les concentrations en gr./L. obtenues en multipliant ces valeurs de c par 40 ($NaOH = 40$).

TABLEAU II

OBSERVATIONS			CALCULS			
t	c	gr./L. NaOH	A_2	c	gr /L. NaOH	t
0	0,653	26,1	0,794	—	—	—
6.8	1,29	51,6	1,854	1,35	54,0	6,1
13,8	1,94	77,4	2,945	1,98	79,6	13,3
21,5	2,58	103	4,146	2,62	104,8	21,0
29,6	3,22	129	5,409	3,24	129,6	29,3

Les concentrations de soude en gr./L., telles qu'elles sont données par le calcul, concordent bien avec les valeurs expérimentales, surtout si l'on tient compte du fait que la formule employée fait abstraction de toutes les circonstances accessoires.

2e *Problème. Calculer les temps t auxquels la concentration cathodique en soude passera par les valeurs observées (3e colonne du tableau II.)*

On met alors la formule (β) sous la forme suivante

$$t = (A_2 - 0{,}793)\,\frac{275}{0{,}03729 \times 1150} \qquad (\gamma)$$

Les valeurs de A_2 sont celles fournies par le tableau I, 3e colonne pour les valeurs de c de la 2e colonne du tableau II.

Les valeurs de t calculées par cette relation sont inscrites dans la dernière colonne du tableau II ; elles con-

cordent également bien avec celles observées, inscrites dans la première colonne du même tableau.

3[e] *Problème. Calculer le rendement moyen des ampères après les temps de marche consignés dans la 1[re] colonne du tableau II, en tenant compte du fait que la concentration initiale en soude est de 0,653 M.gr./L.NaOH.*

Nous aurons à appliquer la formule (D) soit :

$$r^m = \frac{3}{2\,(c_2 - c_1)\,a}\left[(1 + ac_2)^{\frac{2}{3}} -)1 + ac_1)^{\frac{2}{3}}\right] \quad (\delta)$$

dans laquelle $c_1 = 0,653$; les valeurs de c_2 sont celles fournies par le calcul (1[er] problème, 5[e] colonne du tableau II). Avec ces données et celles de la 6[e] colonne du tableau I on calcule les valeurs de r_m par la formule (δ). Ces valeurs sont consignées dans la deuxième colonne du tableau III. En regard on a inscrit les valeurs expérimentales r_m du rendement moyen des ampères, données par le rapport :

$$r_m\,(obs) = \frac{V\,(p - p_1)}{i \times t \times 1,495} \qquad (\varepsilon)$$

expression dans laquelle $V = 275$, $p_1 = 26,1$ gr. $i = 1150$; le nombre 1,495 représente la production théorique de 1 ampère-heure. Pour le problème considéré on aura donc :

$$r_m\,(obs) = \frac{275\,(p - 26,1)}{1,150 \times 1,495 \times t} = 0,160\,\frac{p - 26,1}{t} \qquad (\zeta)$$

relation dans laquelle on donnera successivement à t et p les valeurs inscrites dans la 1[re] et la 3[e] colonne du tableau II.

Les valeurs numériques des rendements moyens sont inscrites dans la 3[e] colonne du tableau III.

TABLEAU III

t	r_m (théor.)	r_m (obs.)
6,8	0,66	0,60
13,8	0,62	0,59
21,5	0,59	0,57
29,6	0,57	0,56

A l'exception de la première valeur (qui doit être entachée d'erreur par suite des perturbations initiales observées fréquemment lorsque l'on étudie les vitesses des réactions), l'accord est donc encore suffisant.

4e Problème. Un électrolyseur marchant par cuvée à 1150 ampères a donné en 29,6 heures une solution de 129 gr./L. NaOH ; *la solution de sel saturée contenait au début* 26,1 gr./L. NaOH. *Calculer le volume du liquide cathodique.*

De la formule (α) on déduit :

$$V = \frac{0{,}03729\, it}{A_2 - A_1} \qquad (\eta)$$

Les concentrations de 26,1 et 129 gr./L. NaOH correspondent aux valeurs de $c_1 = 0{,}653$, et $c_2 = 3{,}22$. On trouve dans le tableau I, après interpolation :

pour $c_1 = 0{,}653$	$A_1 = 0{,}794$
pour $c_2 = 3{,}22$	$A_2 = 5{,}359$

Introduisant ces valeurs numériques dans la formule (η), on trouve :

$$V \text{ calc.} = \frac{0{,}03729 \times 1150 \times 29{,}6}{5{,}359 - 0{,}794} = 278 \text{ litres}$$

tandis que la valeur réelle est $V = 275$ litres. Pour le temps 13,8 et la concentration 1,94, le calcul donne encore $V = 286$ litres.

5[e] *Problème. Un électrolyseur a marché pendant 29,6 heures et le liquide cathodique, représentant un volume de 275 litres, s'est enrichi de* 21,6 gr./L. à 129 gr./L. NaOH. *Calculer l'intensité du courant employé.*

La formule précédente prend alors la forme :

$$\frac{V(A_2 - A_1)}{0,03729 \times t} = i$$

Les données numériques sont alors :

$$i = \frac{275\,(5,359 - 0,794)}{0,03729 \times 29,6} = 1137 \text{ ampères}$$

au lieu de 1150 ampères.

Pour le temps 13,8 et la concentration 1,94, le calcul donne encore 1110 ampères.

6[e] *Problème. Calculer d'autres conditions d'ampérage et de durée d'opération donnant les mêmes concentrations sodiques que celles consignées à la troisième colonne du Tableau I.*

Toutes les valeurs nouvelles i' et t' telles que, pour les mêmes concentrations, le produit $i'\,t'$ reste égal à 1150 t, satisferont au problème ; t représente les temps auxquels on a observé les concentrations données dans la 3[e] colonne du Tableau I.

On aura donc : $i'\,t' = 1150\,t$.

et toutes les valeurs de i' et t' satisfaisant à cette relation seront des solutions du problème.

2[e] *Expérience. Marche en régime à 1300 ampères.* Le liquide d'alimentation, saturé de sel, contenait 8 gr./L. NaOH ; son débit (y compris l'afflux par endosmose électrique d'ailleurs très faible) représentait 27 L. à l'heure.

A la sortie du compartiment cathodique, la solution contenait 55 gr./L. NaOH,

Nous allons calculer la concentration du liquide sortant dans les marches en régime 1er cas et 2e cas. Bien que la solution n'ait pas été maintenue saturée de sel pendant l'électrolyse, les relations précédemment établies doivent s'appliquer à ce cas, vu la teneur peu élevée en soude.

1er cas. On se sert de la relation (20 *bis*).

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = \frac{3}{4\,a}\left[(1+ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] - \frac{3}{4\,a}\left[(1+ac_1)^{\frac{4}{3}} - 1\right]$$

La valeur numérique du 1er membre est :

$$\frac{0{,}03729 \times 1300}{27} = 1{,}795$$

A cette valeur il faut ajouter le 2e terme du second membre qui pour 8 gr./L. (soit $c = 0{,}20$) vaut 0,215.

A cette valeur 1,795 + 0,215 = 2,010 (Tableau I colonne 4) correspond la valeur

$$c = 1{,}49 \quad \text{soit} \quad 59{,}6 \text{ gr./L. NaOH}$$

2e cas. On se sert de la relation

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = (c_2 - c_1)(1 + ac_2)^{\frac{1}{3}}$$

dans laquelle c_2 est l'inconnue.

Conformément à l'indication donnée au chapitre II, une valeur approchée de c_2 est fournie en réduisant de 10 % à 20 % la valeur de c trouvée pour la marche en régime 1er cas. Soit $c^2 = 1{,}30$.

Au moyen des données contenues dans le tableau I, 2e colonne, on trouve après 2 ou 3 essais, que la va-

leur cherchée est $c_2 = 1,31$, ce qui correspond à 52,4 gr./L. NaOH.

En résumé le calcul indique :

Pour la marche en régime 1er cas, 59,6 gr./L. NaOH.

Pour la marche en régime 2e cas, 52,4 gr./L. NaOH.

La moyenne est 56 gr./L. NaOH.

On a vu que l'observation a donné 55 gr./L. NaOH.

L'accord est également satisfaisant.

Il est dans tous les cas intéressant d'observer que la concentration sodique telle qu'elle résulte de l'expérience est sensiblement égale à la moyenne des valeurs fournies par la marche en régime 1er cas et la marche en régime 2e cas, qui, nous l'avons vu, représentent les conditions extrêmes.

Nous croyons pouvoir enfin conclure des calculs relatifs aux deux expériences précédentes que les relations établies dans le chapitre II de ce mémoire vérifient d'une façon suffisante les données de marche d'un appareil industriel. On remarquera en outre que les écarts entre les données du calcul et de l'expérience se produisent dans le sens que l'on pouvait prévoir. Ces vérifications démontrent dans tous les cas que le fonctionnement d'un électrolyseur à diaphragme est régi par la notion fondamentale du « rendement instantané », et que tous les autres phénomènes qui se produisent dans un appareil de ce genre, sans être totalement négligeables, n'ont en comparaison du premier qu'une importance très secondaire. Cette conclusion ressort avec une évidence plus frappante encore lorsque l'on considère que l'expression analytique du rendement instantané ne contient qu'une seule constante spécifique, soit le paramètre a, et que la connaissance de cette unique cons-

tante nous a permis de prévoir numériquement tous les éléments de la marche d'un électrolyseur donné dans des conditions variées.

En attendant de faire connaître d'autres vérifications, non moins probantes, nous croyons donc être fondé à employer les formules précédemment établies à l'étude comparée des deux modes de marche d'un électrolyseur à diaphragme.

Comparaison de la marche par cuvée et de la marche en régime. — Ces deux systèmes de marche donnant des résultats différents doivent être comparés dans des conditions variées en prenant chaque fois un terme de de comparaison identique pour les deux : concentration sodique égale, ampérage égal, etc. Nous rappelons également que, dans les développements qui suivent, la solution cathodique est toujours supposée saturée de sel.

A concentration sodique égale. Le même appareil marchant par cuvée ou en régime de façon à fournir dans les deux cas une solution cathodique à la même concentration, ne donne pas le même rendement moyen du courant.

Pour la marche par cuvée ce rendement peut être calculé par la formule (E) ; nous transcrivons dans le tableau IV (colonne 3) les valeurs ainsi obtenues.

TABLEAU IV

Concentration sodique		Rendement moyen du courant.			Avantage
Mgr./L.	gr./L.	par cuvée	en régime 2e cas	en régime moyen	en %
1	40	0,78	0,66	0,72	8,3
2	80	0,69	0,55	0,62	11,3
3	120	0,63	0,49	0,56	12,5
4	160	0,59	0,45	0,52	13,5

Pour la marche en régime 1er cas, les rendements du courant sont les mêmes pour les mêmes concentrations.

Pour la marche en régime 2e cas, ces rendements sont donnés par la formule :

$$r_2 = \frac{1}{(1 + 2{,}50\, c)^{\frac{1}{3}}}$$

Les valeurs numériques ainsi obtenues sont transcrites dans la 4e colonne du tableau IV.

Si l'on admet qu'en pratique la marche en régime réalise des conditions intermédiaires entre le 1er cas et le 2e cas, les rendements de ce que nous appellerons la « *marche en régime moyen* » seront donnés par la moyenne des nombres inscrits dans la 3e et la 4e colonne ; ces nouveaux rendements sont indiqués dans la 5e colonne.

Si l'on compare ces rendements «en régime moyen» avec ceux « par cuvée » on voit que ceux-ci présentent sur les premiers un avantage en °/0 donné par les chiffres de la 6e colonne.

Pour des concentrations sodiques voisines de 100 gr./L., cet avantage serait donc d'environ 12 °/0. En pratique cette supériorité est compensée en partie par le fait que la marche par cuvée nécessite des arrêts fréquents des électrolyseurs pour leur mise hors circuit électrique, leur vidange et leur remplissage, opérations qui comportent en outre un supplément de main-d'œuvre que l'on n'a pas avec la marche en régime. C'est pourquoi plusieurs usines électrolytiques ont adopté la marche en régime.

A ampérage égal et à concentration sodique égale.

Désignons par r' et r'' les rendements à concentration sodique égale obtenus « par cuvée » et en « régime moyen », leurs valeurs sont consignées au tableau IV.

Il est évident, d'après ce qui précède, que les poids p' et p'' de soude caustique, obtenus pour la même intensité de courant, et pour la même concentration sodique du liquide cathodique produit, seront dans les deux régimes dans le rapport

$$\frac{p'}{p''} = \frac{r'}{r''}.$$

A ampérage égal et à volume égal de liquide cathodique produit. Appelons V le volume en litres du compartiment cathodique et t la durée en heures de l'opération par cuvée.

Pour avoir le même volume de liquide cathodique, l'opération en régime devra se faire avec une alimentation de $\frac{V}{t} = L$ litres à l'heure.

Pour la marche par cuvée, on appliquera la formule (13 *bis*).

$$0{,}03729 \frac{it}{V} = \frac{3}{4}\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \quad \text{(I)}$$

Pour la marche en régime, nous devrons appliquer pour le 1er cas la formule (20 *bis*).

$$0{,}03729 \frac{i}{L} = \frac{3}{4}\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right]$$

qui devient en posant $L = \frac{V}{t}$

$$0{,}03729 \frac{it}{V} = \frac{3}{4}\frac{1}{a}\left[(1 + ac)^{\frac{4}{3}} - 1\right] \quad \text{(II)}$$

et dans le second cas, la formule (28 *bis*).

$$0,03729 \frac{i}{L} = (1 + ac)^{\frac{1}{3}} c$$

qui devient en posant $L = \frac{V}{t}$

$$0,03729 \frac{it}{V} = (1 + ac)^{\frac{1}{3}} c \qquad \text{(III)}$$

L'inspection des relations (I) et (II) démontre que la marche en régime 1er cas donnerait la même concentration et le même volume de liquide cathodique que la marche par cuvée. Ce résultat était d'ailleurs à prévoir, en raison de l'égalité des rendements du courant, déjà démontrée pour les marches « par cuvée » et « en régime, 1er cas. »

Mais le régime 1er cas, n'étant jamais complètement réalisé dans la pratique, la concentration sodique du « régime moyen » sera intermédiaire entre celles données par les relations (II) et (III).

D'après la définition donnée plus haut du régime moyen on pourra prendre pour concentration sodique de ce régime la moyenne des concentrations données par les relations (II et III).

Applications. — Il est évident que les relations établies dans le chapitre II et utilisées dans le présent chapitre peuvent donner lieu à des applications numériques variées qui simplifieront considérablement les études relatives aux installations industrielles et à leur mode de fonctionnement le plus rationnel.

Par la simple connaissance de la formule du « rendement instantané » d'une solution de sel donnée, on est à même de discuter, avec une exactitude suffisante,

toutes les variantes possibles que comporte l'électrolyse avec des appareils à diaphragmes, sans qu'il soit nécessaire de faire préalablement des expériences multiples, ainsi que cela était indispensable jusqu'à présent. C'est évidemment là une grande simplification.

La précision de ce travail pourra être considérablement augmentée en vérifiant d'abord les formules employées par quelques expériences préliminaires avec l'électrolyseur considéré et dans des conditions moyennes de marche. On pourra à l'aide de ces expériences corriger légèrement la valeur numérique du paramètre a entrant dans la formule du rendement instantané ; cette valeur corrigée tiendra compte alors de toutes les circonstances accessoires et secondaires (diffusion, endosmose, température réelle du bain, mélange plus ou moins parfait du liquide cathodique, etc.), dont les relations que nous venons de démontrer font complètement abstraction.

Néanmoins il ne faudra se livrer à ce travail que lorsqu'on se sera assuré que les conditions de marche des électrolyseurs employés réalisent bien les hypothèses fondamentales qui sont à la base des formules que nous avons développées. En général, les principaux types d'électrolyseurs industriels que nous avons étudiés remplissent assez bien ces conditions ; cependant nous avons pu constater, dans quelques cas, très rares il est vrai, des rendements même supérieurs à ceux indiqués par les considérations théoriques exposées dans ce mémoire ; nous avons reconnu alors que le fonctionnement de ces appareils ne correspondait plus aux hypothèses dont nous nous sommes servi, et que les modifications qu'elles auraient dû subir de ce chef indiquaient bien une amélioration de rendement.

CONCLUSIONS

Les considérations développées dans ce mémoire doivent être évidemment l'objet de nouvelles vérifications expérimentales plus complètes que celles que nous avons indiquées. C'est ce que nous proposons de faire sous peu en les étendant en outre à d'autres cas que celui de l'électrolyse des chlorures alcalins.

Auparavant on nous permettra cependant de résumer brièvement les principaux points développés dans les pages qui précèdent, de façon à bien préciser le point de vue auquel nous nous sommes placé.

Nous avons cherché à établir une notion définie du rendement instantané du courant, et après avoir simplifié la méthode de calcul qui sert à le déterminer, au moyen des conductibilités électriques et du facteur de transport de l'alcali, nous avons montré que, pour la pratique, le rendement instantané pouvait être considéré comme une fonction d'une seule variable indépendante, la teneur en alcali, et non pas de trois variables indépendantes (teneur en alcali, teneur en sel, et température), ainsi qu'on l'envisageait avant nous.

Grâce à cette simplification nous sommes parvenu à exprimer le rendement instantané sous une forme se prêtant aux opérations analytiques subséquentes.

Cette notion de rendement instantané étant bien établie, nous avons pu aborder utilement l'étude théorique de la production en soude d'un électrolyseur à diaphragme dans les diverses conditions de marche de ce type d'appareil.

Nous avons pu démontrer ainsi que les phénomènes

multiples que l'on avait envisagé jusqu'à présent ne jouent pas un très grand rôle sur la production en alcali; que celle-ci est avant tout réglée par les considérations qui s'appuient sur la notion du rendement instantané ; qu'en négligeant tous les autres phénomènes, on peut calculer a priori et avec une exactitude suffisante toutes les conditions de marche « par cuvée » ou « en régime » d'un électrolyseur à diaphragme. Quelques premières vérifications expérimentales tirées d'essais industriels ont conduit à des résultats satisfaisants.

Pour achever cette étude il nous reste donc à publier les travaux de laboratoire entrepris en vue de généraliser ces conclusions et de montrer comment les principes dont nous nous sommes inspiré peuvent servir de guide pour résoudre d'autres problèmes analogues. C'est ce que nous ferons très prochainement.

Genève, Laboratoire de Chimie physique, avril 1903.

COMPLÉMENTS SUR LA TECTONIQUE

DU

MASSIF DES ANNES

(HAUTE-SAVOIE)

PAR

Ch. SARASIN

(Avec la planche IV.)

INTRODUCTION

Le massif ou la Klippe des Annes a depuis fort longtemps excité la curiosité des géologues par les bizarreries de sa stratigraphie aussi bien que de sa tectonique. Stratigraphiquement il est constitué en effet par une série triasique et jurassique, dont le faciès est nettement préalpin, tandis que tout autour les chaînes des Vergys et des Aravis appartiennent au type absolu des Hautes-Alpes calcaires, et sont formées essentiellement par l'Hauterivien noir à Exogyra Couloni et Toxaster complanatus, par les massifs blancs de l'Urgonien et par les calcaires du Crétacique supérieur et du Nummulitique. Au point de vue tectonique le massif triasico-jurassique des Annes forme au milieu du grand synclinal de Flysch du Reposoir comme un îlot,

sur la périphérie duquel le Trias ou le Lias semblent partout chevaucher sur le Flysch.

Le mérite d'avoir débrouillé la géologie de ce massif revient à Alphonse Favre[1] et surtout à G. Maillard[2], qui l'a exploré en détail, en a donné plusieurs profils exacts dans leurs traits essentiels, et a cherché à en expliquer l'origine tectonique. Partant d'une idée émise par M. Marcel Bertrand, Maillard a discuté l'assimilation de cette Klippe à un lambeau de recouvrement, reste d'un vaste pli couché venu du S-W, mais, voyant dans ses observations plusieurs faits qui cadraient mal avec cette hypothèse, il a préféré considérer le massif des Annes comme un ancien îlot repris par les plissements alpins et écrasé à la base entre les deux grandes chaînes voisines.

Depuis les travaux de Maillard, sous l'influence de MM. Marcel Bertrand, H. Schardt, M. Lugeon, E. Ritter, la notion des grands plis couchés, et même des nappes de charriage recouvrant sur d'immenses espaces des formations plus récentes, est devenu familière à la plupart des géologues alpins; elle joue de nos jours le premier rôle dans l'explication de la tectonique des Préalpes; il est donc naturel que les géologues qui ont étudié la question s'accordent en général pour voir dans le massif des Annes un lambeau de nappe, détaché de sa racine par l'érosion ; et, à cause des analogies stratigraphiques et tectoniques que ce massif pré-

[1] A. Favre. Recherches géologiques sur la Savoie 1867.

[2] G. Maillard. Note sur la géologie des environs d'Annecy, La Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches. *Bull. du serv. de la carte géolog. de France*, n° 6, 1889.

sente avec les Préalpes, on le considère comme un lambeau détaché de la nappe préalpine.

Ayant entrepris l'année dernière une exploration très rapide de la klippe des Annes[1], j'ai désiré consacrer cet été une campagne plus prolongée à cette étude, de façon à compléter autant que possible mes observations précédentes. J'avais pour but d'examiner de près le contact entre le Trias ou le Lias de la Klippe et le Flysch sous-jacent ; malheureusement j'ai trouvé ce contact presque partout voilé par d'énormes masses d'éboulis ou d'éboulements, ce qui m'a empêché d'éclaircir bien des points intéressants. Il y a pourtant dans mes constatations quelques faits nouveaux que je vais indiquer le plus sommairement possible.

Comme l'a déjà démontré Maillard, le massif des Annes se divise en deux parties tectoniquement distinctes, dont l'une comprend la chaîne d'Almet et d'Auferrand orientée à peu près EW, tandis que l'autre forme la Pointe de Lachat et la Croix de Châtillon et suit une direction SW-NE. Entre ces deux Klippes se place un pli-faille, qui fait chevaucher la Klippe d'Almet sur la Klippe de Lachat et qui longe le flanc N du vallon de Maroly. J'examinerai successivement dans cette notice: 1° la Klippe Châtillon-Lachat ; 2° le vallon de Maroly et le contact entre les deux Klippes ; 3° la Klippe Almet-Auferrand ; 4° les relations tectoniques entre le massif des Annes et les chaînes voisines.

[1] C. Sarasin. Quelques observations sur la région des Vergys des Annes et des Aravis, *Eclogæ geol. Helvetiae*, vol. VII, p. 321-333 et *Archives* t. XV, p. 30.

Chaîne de Châtillon et de Lachat.

(Profils I, II, III et V)

Si depuis le Grand Bornand on monte directement par la Chevalière vers la Croix de Châtillon on commence par traverser une zône épaisse de marnes finement littées du Flysch, qui plongent de 10° à 25° vers le SE. Ensuite, ce Flysch est couvert par des dépôts morainiques, dans lesquels sont empâtés des blocs de Lias tombés d'en haut, mais il existe évidemment en profondeur sur toute la pente, car on le voit affleurer sur toute la hauteur dans un ravin un peu plus au N. Il se retrouve vers les chalets des Gettières et au pied même de la Croix de Châtillon du côté de l'W. (Voir profil I).

Le contact direct de ce soubassement avec les roches de la base de la Klippe n'est pas visible, mais à 100 m. environ au-dessus des derniers affleurements de Flysch on reconnaît à leur teinte lie de vin caractéristique les argiles du Trias supérieur, qui semblent former une bande continue au-dessus des Gettières et qui supportent en série normale l'Infralias et le Lias. Vers le S les argiles rouges et le Rhétien disparaissent; par contre j'ai pu observer sur un éperon dirigé vers le S de l'extrémité W de la Croix de Châtillon un petit affleurement de corgneule appartenant au Trias moyen, dont les couches presque horizontales plongent faiblement vers le S. Toute la crête de Châtillon est formée par le Lias inférieur dont les couches plongent vers le SW de 20° à 30° suivant les points. Le pied de la Klippe rocheuse est entièrement couvert du côté S par un vaste éboulement

de Lias qui s'étend fort loin et ce n'est que beaucoup plus bas qu'on retrouve le Flysch, qui dessine entre le Grand Bornand et le bassin des Poches une sorte de synclinal peu accusé.

Le fond du vallon de Châtillon est entièrement dans les argiles rouges du Trias supérieur, qui passent ainsi par dessous le Lias de la Croix de Châtillon raccordant la zone triasique du versant occidental avec celle du versant oriental ; le plongement peu accusé est à peu près WSW-ENE ; il s'accentue notablement vers les chalets de Châtillon. (Voir profil I).

Ces chalets sont à peu près au contact des argiles rouges avec les corgneules sous-jacentes. Au-dessous de celles-ci, le long du chemin qui descend vers le Bouchet affleurent des argiles gréseuses et des grès noirs du Trias inférieur. Puis, un peu au-dessous, le sentier traverse une zone d'affleurements de corgneules et ensuite une zone importante d'argiles rouges. Il semble à première vue qu'on ait ici une série renversée appartenant à un anticlinal couché vers le SE, dont le Trias et le Lias de la Croix de Châtillon formeraient le flanc normal. En réalité ces corgneules et ces argiles rouges ne sont à mon avis pas en place ; ce sont des têtes couches descendues des régions plus élevées par suite de l'érosion du Flysch sous-jacent ; en effet ni les corgneules, ni les argiles ne forment une zone continue et d'autre part toutes deux sont énergiquement disloquées avec des plongements très variables souvent tout à fait indistincts ; par places on voit même un enchevêtrement de corgneules et d'argiles rouges. Je n'ai donc trouvé nulle part dans cette partie de la chaîne aucun indice certain de la présence d'une série renversée appartenant

à un anticlinal couché vers le SE, tel que l'avait admis Maillard. Il y a eu glissement de couches par suite de l'érosion facile et rapide du Flysch sous-jacent, un phénomène qui prend du reste une grande extension tout le long de la Klippe de Lachat et qui contribue à cacher à peu près partout le contact entre le soubassement tertiaire et les formations qui le recouvrent.

La pointe de Lachat présente à peu près le même profil du SE au NW que la Croix de Châtillon ; les couches de Trias et de Lias qui la constituent sont assez fortement redressées sur le versant oriental où elles plongent de 35° à 40° vers l'W, puis le plongement s'atténue progressivement pour devenir presque nul sur le versant occidental au-dessus du Foublanc. La série liasique se prête ici particulièrement bien à une étude stratigraphique ; on peut y distinguer de bas en haut les terrains suivants :

1° Directement au-dessus des argiles rouges du Trias affleurent quelques bancs de calcaire dolomitique noir devenant brun-jaunâtre à l'air (Rhétien).

2° Ensuite vient une zone de calcaires plus compacts avec des lits marnocalcaires, qui renferment par places une grande abondance de Pentacrines, souvent aussi de véritables colonies de *Plicatula Crucis* Dum. et de nombreux débris de Pecten (Hettangien).

3° La série continue ensuite par un puissant complexe de calcaires noirs, rugueux au toucher et remplis de silex, qui constituent la plus grande partie de la montagne. Malgré de patientes recherches je n'ai trouvé dans ces couches que des débris de Pentacrines appartenant probablement au *Pentacrinus tuberculatus* Mill.

4° Le sommet de la Pointe de Lachat est formé par

des calcaires gris, compacts, en bancs séparés par des zones marneuses, et se délittant avec une grande facilité. Ces calcaires renferment en grande quantité une Belemnite cylindrique de taille moyenne qui rappelle *Bel. niger*, mais dont je n'ai pas pu obtenir un échantillon bien déterminable.

Cette série est du reste la même que nous retrouvons dans tout le massif des Annes avec cette différence qu'à la Pointe d'Almet un complexe de marno-calcaires schisteux se superpose encore aux calcaires gris à Belemnites.

Envisagé au point de vue tectonique la Klippe de Lachat et Châtillon doit être considérée comme formée par une série de couches s'abaissant lentement du SE au NW ; mais, à côté de ce plongement général, le Lias offre une ondulation anticlinale très nette qui passe avec une direction SE-NW par le sommet de Lachat et qui fait que, tandis qu'à la Croix de Châtillon et sur le versant S de la Pointe de Lachat le plongement se fait au SW, sur le versant N de Lachat et jusqu'au vallon de Maroly les couches plongent vers le NW. (Voir profils II et III).

Si depuis les Gettières et le Foublanc on suit le pied des rochers liasiques jusqu'au vallon de Maroly, on voit ceux-ci s'abaisser lentement vers le N ; à leur pied l'Infralias forme une zone discontinue, en partie cachée par les éboulis. Quant au Trias il n'offre que des affleurements très imparfaits dans les argiles rouges, plus rarement dans les argiles gréseuses noires de la base. Les corgneules paraissent manquer dans cette partie de la chaîne. Ici encore le contact entre la Klippe et le Flysch est masqué par une grande abondance d'ébou-

lis ; des paquets d'argiles rouges ont glissé en masse et les pentes sont couvertes de blocs de Lias à silex.

Le flanc SE de la chaîne de Lachat se subdivise de haut en bas en deux parties très différentes. Tout le haut de la pente est formé par des abrupts rocheux de Lias à silex, d'Infralias, d'argiles rouges supratriasiques et de corgneules en série normale ; la crête s'abaisse progressivement vers le NE et la partie supérieure de la série y est de plus en plus érodée, en sorte que vers le col de Maroly ce sont ou bien les argiles rouges ou bien les calcaires dolomitiques du Rhétien qui constituent la ligne de faîte. Au-dessous des corgneules affleurent en divers points les argiles et grès noirs du Trias inférieur, qui sont particulièrement bien visibles au-dessus des chalets du Char et de la Grande Montagne. Puis plus bas la pente paraît être entièrement couverte par des éboulements tombés des régions supérieures. Ces matériaux venus d'en haut se trouvent tantôt sous forme de blocs peu volumineux et de provenances différentes, tantôt sous forme d'énormes paquets appartenant à une même couche et restés plus ou moins entiers. C'est ainsi qu'autour du Chalet de la Grande Montagne on peut voir trois fausses Klippes assez importantes de Lias, que Maillard a considérées comme en place et appartenant à une série liasique renversée sous le Trias. Ces trois affleurements ne sont pas dans le prolongement les uns des autres, l'un se trouve entre Châtillon et la Grande Montagne à peu près à la hauteur de ce dernier chalet, le second est au-dessus de la Grande Montagne dans la direction de la Pointe de Lachat, le troisième est notablement plus bas, au-dessous de la Grande Montagne et au SW du torrent qui

coule vers la Servalanche. Nous n'avons donc pas à faire à une zone de Lias ; de plus dans chacune de ces masses liasiques les couches sont traversées de toutes parts par des cassures et prennent par places l'aspect de véritables brèches de dislocation ; le plongement est très irrégulier ; enfin dans l'affleurement le plus bas on peut voir assez nettement que le Lias n'a pas de racine mais repose sur de l'éboulement. Donc ici encore il n'y a aucun indice visible de série renversée sous le Trias et le contact avec le Flysch est caché. (Voir profil V.)

Plus au NE des glissements analogues se sont produits mais ont affecté cette fois les corgneules et les argiles rouges du Trias. Au-dessus de la Duche et au pied de la zone d'affleurement du Trias, la pente de la montagne est comme mamelonnée par de gros paquets de corgneules, qui paraissent à première vue former une zone continue, mais qui sont en réalité des têtes de couches détachées d'en haut. De même plus bas, dans le bois qui domine le sentier des Annes et sur ce sentier en aval de la Duche, on traverse de gros paquets d'argiles rouges, qu'il faut considérer comme des masses éboulées.

Ainsi les seules formations faisant partie de la Klippe de Lachat, dont on puisse certifier la présence en place sur le versant SE de ce massif, sont celles qui se succèdent en série normale depuis les argilites noires du Trias inférieur jusqu'au calcaire à Belemnites du Lias supérieur. Il n'y a pas de série renversée visible entre ces couches normales et le Flysch que l'on voit affleurer au-dessous d'elles, dans le fond des ravins qui descendent de la Grande Montagne. Le Flysch du bas de la pente est en grande partie formé par les mêmes mar-

nes schisteuses qui affleurent au N du Grand Bornand. ce n'est qu'au dessous de la Servalanche qu'on trouve les grès mouchetés du Flysch supérieur.

Au N de la Duche on voit pointer du pâturage un rocher de calcaire blanc, un peu jaunâtre, très compact qui paraît représenter une lame de Crétacique supérieur prise dans le Flysch. Nous retrouverons des écailles analogues sur le versant N du massif.

Le vallon de Maroly et le contact entre les deux Klippes

(Profils II, III, V, VI et VII)

La vallée qui du col de Maroly un peu à l'W des Annes descend vers l'W jusqu'à Venay, où elle rejoint la vallée du Chinaillon offre deux versants absolument différents. Du côté du S les pentes qui descendent de la Pointe de Lachat sont peu inclinées et constituées essentiellement par les calcaires à silex du Lias inférieur, dont les couches s'abaissent lentement vers le N ; sur des crêts épargnés par l'érosion subsistent des lambeaux de calcaire gris à belemnites. Du côté du N le vallon de Maroly est au contraire bordé par les flancs abrupts de la chaîne d'Almet. qui sont couverts sur toute leur partie inférieure d'éboulis, et dont les régions supérieures sont constituées par les couches presque verticales du Lias.

Dans toute la partie aval de la vallée de Maroly les affleurements sont fort rares ; on ne les trouve guère que le long du torrent où j'ai pu relever le profil suivant : depuis Venay jusqu'à la hauteur des chalets des Bouts on ne trouve que du Flysch schisteux plongeant à l'ESE ; à peu près au-dessous des Bouts le torrent traverse une lame de calcaire gris clair, intensément laminé, qui plonge à l'ESE, et que je crois pouvoir con-

sidérer comme appartenant au Crétacique supérieur, Ensuite le Flysch reprend, en grande partie couvert par de la moraine locale, jusque sous le hameau de la Sonnerie. Ici apparaît une nouvelle lame de Crétacique beaucoup plus importante que la première, dans laquelle le calcaire d'une teinte grise verdâtre est traversé par des veines rouges. Presque immédiatement au-dessus de cet affleurement le ravin est creusé dans les argilites grèseuses noires du Trias inférieur, puis dans les corgneules qui, presque horizontales avec un faible plongement vers le N, en forment sur une assez grande distance les deux flancs. Sur ces corgneules s'appuient les calcaires compacts noirs avec taches ocreuses de l'Infralias, dont le plongement vers le N est déjà plus accusé et qui supportent à leur tour les calcaires à silex du Lias inférieur. Ceux-ci, qui forment des affleurements importants un peu en aval de Maroly, y plongent d'environ 45° vers le N. En amont de Maroly le fond du vallon est couvert de matériaux éboulés, mais sur tout le versant S on voit les couches du Lias s'abaisser lentement vers le N. Ainsi, tandis que dans cette vallée le Flysch et les lames crétaciques plongent vers l'E, le plongement du Trias et du Lias se fait vers le N ; en outre ce plongement s'accentue brusquement à l'approche de la Klippe d'Almet. Du reste on peut faire sur le col de Maroly une observation tout-à-fait concordante. Ici le Rhétien et les argiles rouges supratriasiques, qui depuis la Pointe de Lachat jusqu'au col forment sur le versant oriental de la montagne des bandes horizontales, s'infléchissent brusquement de façon à prendre un fort plongement au N et à s'enfoncer sous les argiles rouges de la base de la Klippe d'Almet. Celles-ci qui

plongent fortement au N, supportent en série normale l'Infralias et le Lias; ce dernier, concordant avec le Trias dans le bas de la pente s'infléchit vers le haut de façon à être d'abord vertical puis à plonger finalement vers le S dans le voisinage de la crête.

Un peu à l'W au-dessus de Maroly (profil V) le haut de la pente S de la chaîne d'Almet est formé par le Lias inférieur renversé plongeant fortement vers le S ; plus bas affleure du Rhétien à peu près vertical contre lequel s'appuient des argiles rouges et des corgneules. Au-dessous de ce Trias pointe un rocher de calcaire dolomitique du Rhétien plongeant très fortement au N qui ne peut appartenir qu'à un jambage renversé ; ensuite le bas de la pente est couvert d'éboulis jusqu'au ravin où nous avons trouvé le Lias inférieur plongeant de 45° vers le N ; il doit donc être formé ou bien de Lias à belemnites reposant normalement sur le Lias à silex et qui serait chevauché par le Rhétien renversé, ou bien par du Lias à silex renversé qui se raccorderait par un synclinal avec les couches correspondantes normales du fond du ravin, la première hypothèse paraissant du reste la plus probable. Quoi qu'il en soit il paraît évident que le vallon de Maroly correspond à une ligne de chevauchement de la Klippe d'Almet sur la Klippe de Lachat.

Chaîne d'Almet-Auferrand

(Profils IV, V, VI et VII)

Lors de mes excursions de l'an dernier dans la chaîne d'Almet, je n'avais pu que traverser rapidement le massif et ceci par un temps nuageux qui

m'avait rendu très difficile une vue d'ensemble. Aussi suis-je arrivé à une conception de la tectonique de cette Klippe que M. Lugeon[1] a déjà rectifiée devant la Société géologique suisse et que j'ai depuis reconnue moi-même comme erronée. J'admettais en effet sur le versant N d'Almet un double synclinal de Lias, tandis qu'il n'y en a qu'un seul. La chaîne est orientée à peu près de l'E à l'W sauf à ses deux extrémités où elle s'incurve de façon à prendre une direction WSW-ENE. L'Infralias et le Lias, qui en constituent la plus grande partie, y dessinent un vaste synclinal plus ou moins déjeté vers le N suivant ses parties, dont le coeur est formé par un complexe de marnes noires brunâtres et de marno-calcaires brun foncé appartenant probablement encore au Lias comme nous le verrons plus loin. Le jambage S de ce synclinal est en partie vertical ou même renversé dans sa partie supérieure, tandis que sa partie inférieure plongeant vers le N repose normalement sur le Trias qui recouvre par un contact mécanique le Flysch du soubassement ou le Lias de la Klippe de Lachat. Le jambage N qui reste toujours normal présente diverses complications; la série des couches liasiques et triasiques y est souvent incomplète ou laminée; par contre on voit ici des lames de Crétacique supérieur et de poudingue nummulitique prendre un développement important et une sorte de structure imbriquée se produire.

Le mieux pour étudier la configuration de la Klippe d'Almet est de prendre comme base un profil passant à peu près par les Annes, la Pointe d'Almet et la Tou-

[1] M. Lugeon. Réponse à M. Sarasin. *Eclogæ geol. Helv.* Vol. VII, p. 333.

vière et de voir ensuite quelles modifications ce profil subit soit vers l'E, soit vers l'W.

Entre la Pointe Percée et les Annes (voir profil IV) s'étend une zone isoclinale de Flysch plongeant au NW, dans laquelle on distingue facilement une bande de grès mouchetés et deux bandes latérales de Flysch inférieur schisteux. Ce complexe constitue un synclinal couché vers le SE, dont le jambage N est renversé et laminé. C'est sur ce dernier que s'appuie en contact mécanique le Trias, dont le plongement vers le NE est faible. La série commence par les argilites noires avec bancs grèseux, puis viennent les corgneules qui affleurent aux Annes et tout le long du flanc oriental de la chaîne et les argiles rouges supratriasiques. Les calcaires dolomitiques du Rhétien et les calcaires noirs à Plicatula Crucis de l'Hettangien se redressent sur les flancs de la Pointe d'Almet et finalement le Lias à silex qui s'élève jusqu'au sommet plonge fortement vers le SSE. En descendant du sommet vers le petit chalet de Pierre Blanche on voit d'abord le Lias à silex s'appuyer sur le Lias gris à belemnites, qui est lui-même renversé sur les marnes et marno-calcaires noirs brunâtres du coeur du synclinal. Ce dernier complexe, plus marneux à la base, plus calcaire à la partie supérieure, a été attribué dubitativement par M. Lugeon au Dogger; en réalité son âge exact est impossible à établir vu l'absence de fossiles déterminables avec certitude, mais j'y ai découvert une bélemnite cylindrique ni comprimée, ni déprimée, sans sillon accusé, qui paraît plutôt se rapprocher des formes liasiques ; nous avons probablement affaire ici à des marnes toarciennes.

Le synclinal déjeté au N que forment ces marnes

autour de Pierre Blanche est remarquablement bien visible à distance ; il s'appuie sur une bande presque horizontale de Lias gris à bélemnites qui est supportée par un puissant massif de calcaires à silex. Sous ces derniers se trouve l'Infralias en grande partie caché par des éboulis ; puis vient une zône étroite d'argilites noires appartenant vraisemblablement au Trias. Ces argilites reposent près du hameau de Touvière sur un conglomérat calcaire que Maillard classait dans le Trias, mais qui d'après les galets qu'il renferme est en tout cas postcrétacique, probablement éocène. Enfin au-dessous de ce poudingue on traverse encore une mince couche de calcaire gris, compact du Crétacique supérieur, qui porte les traces d'un laminage intense, puis on entre dans le Flysch schisteux qui, plongeant au SSE, s'enfonce sous ce Crétacique et sous la série normale du Trias et du Lias.

La partie de la Klippe d'Almet qui se trouve à l'E de la ligne que nous venons de suivre ne présente pas d'intérêt spécial. L'axe du synclinal de Pierre Blanche s'y relève un peu de l'W à l'E ; il en résulte que le jambage S est presque totalement enlevé et qu'il ne reste que le fond du synclinal en fond de bateau. Au-dessus du Reposoir on ne trouve plus de Trias au pied des rochers liasiques, par contre une lame crétacique assez considérable s'intercale de nouveau ici entre le Lias et le Flysch.

Si maintenant nous traversons la chaîne plus à l'W, de Maroly par la Combe des Forts dans la direction du N (profil V), nous constatons avec le premier profil les différences suivantes : Sur le versant S le Trias ne repose plus sur le Flysch, il est fortement redressé,

plonge presque verticalement au N et s'appuie sur du Rhétien renversé, qui paraît lui-même chevaucher sur le Lias supérieur de la Klippe de Lachat comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Au-dessus du Trias l'Infralias et le Lias à silex s'infléchissent de façon à plonger vers le S. Le Lias à silex forme l'arête principale entre la Pointe d'Almet et la Tête d'Auferrand; sur le versant N il s'appuie en ordre renversé sur le Lias gris, qui recouvre lui-même le synclinal de marnes et de marno-calcaires noirs brunâtres. Au-dessous des marnes noires à peu près horizontales du jambage normal de ce pli le Lias gris manque, en sorte que les marnes noires reposent ici directement sur le Lias à silex, qui paraît avoir subi lui-même une assez forte diminution d'épaisseur. Ce Lias inférieur recouvre en contact mécanique une zone importante de Crétacique supérieur encadré entre deux bandes de grès polygéniques éocènes. Le Lias est donc ici fortement diminué et le Trias paraît complètement supprimé; le Crétacique supérieur est par contre beaucoup plus puissant qu'à la Touvière et bien mieux caractérisé; il est représenté par un calcaire gris verdâtre, traversé par de nombreuses zones rouges et plus marneuses, qui rappelle beaucoup les couches rouges des Préalpes. Cette écaille est supportée vers le N par un complexe assez épais de grès, puis par des schistes argileux qui représentent le Flysch.

Si l'on examine maintenant le jambage N du synclinal un peu plus à l'W vers les chalets d'Auferrand (profil VI), on voit qu'ici la réduction du Lias est encore plus accusée ; les marnes noires s'appuient directement sur le Crétacique supérieur, qui affleure au mi-

lieu des chalets et forme une large zone orientée à peu près E-W avec le faciès typique des couches rouges préalpines. Ces calcaires supracrétaciques plongent au S et recouvrent immédiatement au N d'Auferrand un gros banc de calcaire gris brunâtre, grenu et un peu spathique, qui ressemble d'une façon remarquable à certains niveaux de l'Urgonien. Cette formation, qui ne constitue du reste pas une bande continue, se superpose ici aux grès du Flysch; elle se retrouve sous le Crétacique supérieur plus à l'W sur la crête qui sépare le vallon descendant du flanc N de la Tête d'Auferrand de la vallée principale qui descend vers Pralong.

Du reste vers l'W le profil à travers la chaîne se modifie encore (profil VII). A mesure qu'on se rapproche du col d'Auferrand, on voit les couches renversées du Lias qui forment la crête se redresser, puis plonger finalement vers le N. Les marnes et marno-calcaires noirs, qui dessinaient jusqu'à Auferrand un beau synclinal déjeté, s'écrasent contre le Lias gris de la Tête d'Auferrand, à mesure que celui-ci se redresse; la zone qu'ils forment entre ce Lias gris et le Crétacique se rétrécit brusquement et le repli synclinal n'y est plus distinct. D'autre part on voit apparaître sous la zône de Crétacique supérieur et plongeant comme elle vers le S une bande épaisse de Lias, qui s'étend depuis Auferrand jusqu'au col du même nom, et s'appuie vers le N sur des grès éocènes. L'on arrive ainsi au profil très curieux qui se présente à l'extrémité W de la Klippe d'Almet aux abords immédiats du col d'Auferrand. Au centre le Lias gris à Belemnites qui, plongeant vers le N dans sa partie supérieure, devient vertical dans sa partie inférieure; vers le S, supportant ce complexe, le Lias à silex

et l'Infralias avec le même plongement ; vers le N une zône écrasée de marnes noires du Lias tout à fait supérieur plongeant très fortement au S. Ces marnes recouvrent une zône de Crétacique supérieur renversée sur un banc de conglomérats analogues à ceux de la Touvière, qui s'appuie à son tour sur une bande de Lias très fortement foisonnée, reposant sur le Flysch. Dans ce Flysch sous-jacent au Lias pointent par endroits des couches rouges indiquant l'existence d'une lame inférieure de Crétacique supérieur.

Ainsi le synclinal du versant N de la chaîne, à peu près complet dans sa partie orientale, se modifie vers l'W par la disparition successive du Trias, de l'Infralias et du Lias calcaire dans son jambage inférieur; il semble même qu'aux abords du col d'Auferrand les marnes noires supraliasiques du jambage inférieur aient disparu à leur tour et qu'il ne reste plus du synclinal que le jambage supérieur devenu presque vertical. Par contre c'est dans la même région que nous voyons apparaître une lame inférieure de Lias.

Le Crétacique supérieur offre un intérêt particulier soit par son faciès, soit par sa position. Suivant les points ou même suivant les bancs d'un même affleurement il rappelle tantôt le faciès préalpin connu sous le nom de couches rouges, tantôt le faciès hautalpin tel qu'on le rencontre dans les chaînes voisines. Ainsi vers les chalets d'Auferrand nous avons la variété peu marneuse et peu colorée des couches rouges ; plus à l'W, sur un petit col qui mène des chalets dans le vallon descendant de la Tète d'Auferrand, affleurent des calcaires gris presque blancs, très compacts, remplis de silex, qui sont identiques au Crétacique supérieur de la chaîne des

Vergys ; puis plus à l'W encore et toujours dans la même zône ce sont des couches rouges très marneuses et très colorées qui représentent le même niveau. Il y a donc passage répété du faciès hautalpin au faciès préalpin et ceci sur de très petits espaces.

Au point de vue tectonique nous avons vu qu'à la Touvière le Crétacique supérieur est avec un conglomérat éocène sous-jacent au Trias et superposé au Flysch. Plus à l'W il est compris entre le Flysch et le Lias d'abord inférieur, puis supérieur, par suite de la réduction progressive du jambage inférieur du synclinal chevauchant de Lias. Enfin entre Auferrand et le col nous trouvons d'abord une lame inférieure de Crétacique associée à des grès et conglomérats éocènes, superposée au Flysch et surmontée par du Lias calcaire, puis au-dessus de ce dernier une seconde lame plus importante de couches rouges asssociée à un conglomérat éocène, qui est recouverte par les marnes noires du synclinal supraliasique. Or cette lame supérieure de Crétacique est est la même que nous retrouvons à Auferrand et plus à l'E couverte par le Lias calcaire et supportée par le Flysch. Ces relations entre le Lias et le Crétacique dans la partie orientale de la chaîne peuvent du reste s'expliquer, si l'on admet un décrochement dans le flanc inférieur du synclinal ayant provoqué une sorte de structure imbriquée, et d'autre part une transgressivité stratigraphique du Crétacique supérieur et des conglomérats éocènes qui leur sont associés sur les formations liasiques de la Klippe.

Relations entre la Klippe des Annes et les Chaînes voisines.

La Klippe des Annes occupe le centre du grand synclynal de Flysch du Reposoir compris entre la chaîne des Vergys au N et celle des Aravis au S. Elle se trouve dans une région particulièrement large de ce synclinal, tandis que celui-ci subit un rapide rétrécissement au NE et que vers le SW il se divise en deux par suite de surrection de la voussure urgonienne du Mont Durant.

A cause probablement de l'importance considérable de la zone de Flysch qui sépare la Klippe des Annes de la chaîne des Aravis, il ne semble pas que la structure de la seconde ait été influencée d'une façon marquée par la présence devant son flanc NW de la seconde. Celle-ci semble avoir seulement déterminé le point où la voussure du Mont Durant s'est détachée de la chaîne principale. Certains traits de la tectonique de l'anticlinal des Vergys doivent par contre être considérés comme les effets d'une action exercée par le massif des Annes sur cette chaîne.

Lorsque, montant du Grand Bornand au Col d'Auferrant, on arrive à mi-chemin entre le hameau de Cullery et le sommet, et qu'on contemple les deux versants de la vallée, on est immédiatement frappé de leur dissymétrie. A l'E l'extrémité de la chaîne d'Almet avec ses couches verticales dirigées à peu près EW fait l'impression d'une proue de bateau prête à s'enfoncer obliquement dans le pied de la chaîne dirigée SW-NE qui lui fait face ; et cette apparence correspond jusqu'à un certain point à la réalité ; il y a ici comme un enfonce-

ment du flanc S du Jalouvre par le massif d'Auferrand. Près du col on peut voir le Flysch écrasé et presque vertical, tandis qu'entre lui et l'Urgonien de Jalouvre la série intermédiaire de Nummulitique, de Crétacique supérieur et de Gault est supprimée sur un grand espace. En outre, à peu près exactement dans le prolongement du versant N de la Tête d'Auferrand, une faille traverse obliquement de l'E à l'W le flanc S du Jalouvre, faisant buter le Flysch de la lèvre S contre l'Urgonien, puis contre l'Hauterivien de la lèvre N. Enfin le Flysch, qui forme de vastes paturages à l'W et au N de Venay, plonge non pas vers le SE normalement à la direction générale de la chaîne, mais vers l'E. parce que, outre le plongement général vers le SE, il présente un plongement local vers la faille soit vers le NE.

Du côté de l'W ce Flysch s'élève dans la direction de la Gondinière et est supporté par la série complète du Nummulitique, du Crétacique supérieur, du Gault, et de l'Urgonien, qui forme le flanc E de la Pointe de Maise. Un peu plus au S cette série plongeant vers l'E est coupée par une nouvelle faille parallèle à la première qui, passant un peu au S du pont de Venay se dirige vers l'WSW ; ici encore c'est la lèvre S qui s'est affaissée ; au-dessus des maisons de Chinaillon le Nummulitique butte contre l'Urgonien, tandis qu'à un kilomètre environ en amont c'est le Flysch qui entre en contact mécanique avec le Crétacique supérieur et le Nummulitique.

Au S de la Pointe de Maise la chaîne des Vergys est profondément entamée par le bassin d'effondrement de la Place délimité par trois failles principales : la première, transversale à la chaîne, descend depuis le col

de Maise dans la direction du SE, tranchant les couches de l'Hauterivien, de l'Urgonien et du Nummulitique. Une seconde faille, qui prend plutôt l'allure d'une flexure et qui paraît prolonger celle qui sépare l'Urgonien du Nummulitique au-dessus de Chinaillon, passe avec une direction ENE-WSW au pied des Roches de Forcle, occasionnant un contact anormal du Flysch de la lèvre S avec le Nummulitique et le Crétacique supérieur de la lèvre N. Une troisième faille longe au N les hauteurs du Bois Bercher avec une direction ENE-WSW ; c'est ici la lèvre N qui s'est affaisée et le Flysch se trouve en contact avec le Nummulitique, puis avec le Crétacique supérieur et enfin avec l'Urgonien. Au S de ce bassin d'effondrement une fracture importante coupe encore la chaîne transversalement à sa direction au-dessus du Grand Bornand, provoquant un affaissement très marqué de la lèvre SW et complétant l'aspect déchiqueté que prend le flanc SE de l'anticlinal des Vergys dans cette partie.

Ce système de fractures est évidemment dû à une pression exercée par la Klippe des Annes sur le flanc de la chaîne des Vergys. Un autre fait vient du reste confirmer la notion des relations qui doivent exister entre ces deux massifs. Il existe un peu en aval de Chinaillon une fort belle cascade, bien connue des touristes, qui est provoquée par l'existence en travers du fond de la vallée d'une barre calcaire. Si maintenant nous étudions le ravin de l'aval vers l'amont dans cette partie de la vallée, nous trouvons d'abord au-dessous du Planay le Flysch schisteux plongeant à l'E ; en remontant le long du torrent nous voyons ce Flysch devenir horizontal, puis se redresser brusquement, plonger

à l'W et s'appuyer finalement contre une zone étroite de calcaire nummulitique presque verticale, étirée et laminée. Celle-ci est collée contre quelques bancs verticaux de Crétacique supérieur qui se raccordent par une charnière anticlinale avec les calcaires supracrétaciques plongeant de 20° environ à l'E, par dessus lesquels la cascade se précipite. En amont nous retrouvons la série normale du Nummulitique et du Flysch, qu'il est facile de raccorder au N avec le Nummulitique et le Flysch de Chinaillon.

Depuis la cascade de Chinaillon l'anticlinal déjeté de Nummulitique peut se suivre sans difficulté le long du flanc gauche de la vallée, il passe au-dessus des chalets de l'Arblay et continue dans la direction SSE au-dessus du sentier qui mène de l'Arblay à l'Envers du Bois Bercher jusqu'à l'avant dernier torrent qu'on traverse pour arriver à ce point. Partout les caractères de cet anticlinal restent les mêmes ; le jambage oriental montre un faible plongement vers l'E ou l'ENE ; le jambage occidental est au contraire toujours vertical ou même renversé et intensément laminé ; le coeur de l'anticlinal est le plus souvent formé par le calcaire nummulitique, plus rarement par le Crétacique supérieur ; le Flysch se redresse partout contre le flanc W de ce pli. Or, la flexure verticale qui forme ici le jambage occidental laminé se place exactement dans le prolongement de la faille transversale, qui sépare l'Urgonien de la Gondinière et de la Pointe de Maise du Flysch du petit bassin effondré de la Place ; la flexure et la faille appartiennent sans doute à un même accident tectonique ; mais il paraît évident que la première, avec le pli dont elle n'est qu'un jambage, est le résultat d'une

poussée vers l'W exercée par la Klippe de Lachat sur son soubassement tertiaire, et la même explication doit forcément s'appliquer à la faille transversale de la Place.

Il ressort de ce qui précède que dans le voisinage de la Klippe des Annes la chaîne des Vergys a subi une série de dislocations, soit des fractures, soit des perturbations dans le plongement, qui ne peuvent s'expliquer que par une pression exercée par la Klippe sur l'anticlinal qui se trouve au N. Il est à remarquer d'autre part que des dislocations de cette nature ne se retrouvent ni plus au NE ni plus au SW, ce qui semble indiquer que la Klippe en question n'a jamais dû avoir une extension beaucoup plus grande que son extension actuelle, ou qu'en tout cas l'effort qu'elle a exercé sur la chaîne située au NW s'est localisé aux abords immédiats de l'emplacement qu'elle occupe encore aujourd'hui.

Quant à l'âge de ces dislocations relativement à la surrection de l'anticlinal qu'elles affectent, il paraît plausible qu'elles doivent être contemporaines du soulèvement de celui-ci. Elles n'auraient eu aucune raison de se former avant le plissement ; d'un autre côté les failles que nous avons examinées ne sont pas de simples failles de tassement causées par le poids seul de la Klippe, elles sont en relation avec un mouvement du massif des Annes. Or, ce mouvement ne pourrait être que de deux sortes : ou bien un plissement sur place de la Klippe succédant à celui des chaînes voisines, ce qu'on est en droit de considérer comme inadmissible, ou bien un chevauchement d'une nappe charriée, mais alors il resterait à expliquer la direction EW du grand syncli-

nal d'Almet, tout à fait oblique sur la direction de tous les plis haut-alpins de la région, direction qui serait bien invraisemblable, si l'arrivée de la nappe chevauchante était postérieure à la surrection principale des plis haut-alpins.

Il faut ajouter en terminant ce chapitre que la carte géologique au 1 : 80000 ne donne qu'une idée fort peu exacte du réseau de fractures qui affecte la chaîne des Vergys entre le Jalouvre et le Grand Bornand. Du reste toute la vallée de Chinaillon a été interprêtée sur cette carte avec peu de précision et en particulier le Flysch y est indiqué avec une extension qu'il n'a certainement pas.

Conclusions

Comme je l'ai dit en commençant, la Klippe des Annes a été interprêtée de plusieurs façons. Maillard admettait deux explications possibles : ou bien cette Klippe était un ancien horst ou un récif-îlot déjà plissé et partiellement érodé avant le dépôt du Flysch, ou bien elle représentait un lambeau d'un grand pli couché vers le NW et s'amorçant dans la région de Flumet-Mégève. Depuis lors, sous l'influence surtout des travaux de MM. M. Bertrand, H. Schardt et M. Lugeon, on s'est habitué à considérer les deux massifs analogues des Annes et de Sulens comme des dépendances tectoniques et stratigraphiques des chaînes préalpines et à en faire des lambeaux très réduits d'une gigantesque nappe de charriage venue du S, dont la masse des Préalpes constituerait le principal morceau. Le premier argument en faveur de cette dernière manière de voir réside dans le faciès des roches triasiques et liasiques des massifs des Annes et de Sulens, qui d'une part diffé-

rent des formations correspondantes qu'on trouve au S de la chaîne des Aravis, qui d'autre part présentent une analogie incontestable avec le Trias et le Lias des Préalpes du Chablais, tels qu'on les trouve en particulier dans la coupe classique de Matringe.

En outre les Klippes des Annes et de Sulens occupent, comme nous l'avons vu, le milieu d'un synclinal de Flysch ; celui-ci forme en très grande partie leur soubassement dans lequel s'intercalent des écailles de Crétacique ; et presque partout le Trias surmonté normalement par le Lias paraît reposer sur le Flysch ou sur une des écailles qui y sont intercalées.

Si l'opinion des hommes compétents se rallie de plus en plus à la théorie des grandes nappes de charriage, dont les Préalpes et les Klippes seraient des lambeaux détachés par l'érosion, on ne peut pourtant pas considérer la question comme définitivement résolue ; bien des points sont encore obscurs et des études de détail s'imposent. C'est dans ces idées que j'ai abordé l'exploration du massif des Annes, espérant par des observations nouvelles trouver des arguments décisifs en faveur d'une manière de voir ou d'une autre.

Cette étude m'a amené à différentes constatations qui peuvent se résumer comme suit :

1° Quoique le contact entre la Klippe des Annes et son soubassement soit presque partout masqué par des masses éboulées, il semble que tout autour les formations triasiques et liasiques reposent sur le Flysch. Le seul point où cette superposition soit vraiment douteuse est l'extrémité occcidentale de la chaîne d'Auferrand au-dessus de Cullery.

2° La Klippe des Annes se divise en deux unités tec-

toniques distinctes ; le massif d'Almet-Auferrand et le massif de Lachat-Châtillon ; le premier chevauche sur le second suivant une ligne qui passe un peu au-dessus de Maroly avec une direction à peu près E-W.

3° Le massif de Lachat-Châtillon est constitué par une sorte de nappe de Trias et de Lias qui paraît reposer partout sur le Flysch. Les formations secondaires y sont partout en série normale et l'on n'y trouve aucune trace de série renversée ou de charnière. Les affleurements de Trias supérieur et de Lias visibles sur le flanc SE du massif sous Châtillon et au-dessus de la Duche, que Maillard considérait comme des retours de couche appartenant au flanc renversé d'un anticlinal déjeté au S, sont des paquets éboulés provenant de la série normale.

La nappe secondaire de Lachat-Châtillon présente un plongement général vers l'WNW, qui est très faible sur son versant N, qui s'accentue sur son versant S. En outre elle montre un bombement anticlinal transversal à sa direction, qui passe à peu près par le sommet de Lachat, en sorte que, tandis qu'entre Lachat et le vallon de Maroly le plongement se fait au NW ou au N il se fait à la Croix de Chatillon au SW et même au S.

4° Le massif d'Almet-Auferrand est constitué par un grand synclinal déjeté vers le N, dont l'axe, dirigé E-W présente une inflexion sigmoïde par le fait que ces deux extrémités sont légèrement incurvées dans la direction SW-NE. Le coeur de ce synclinal est formé par les marnes et marno-calcaires foncés du Lias supérieur. Le jambage normal N est fortement laminé, le Trias y est toujours très réduit et manque le plus souvent tout à fait et le Lias calcaire n'est complet que dans la par-

tie orientale de la chaîne. Ce jambage repose sur le Flysch, dont il est séparé entre la Touvière et Auferrand par une lame de Crétacique supérieur et de conglomérat nummulitique. Entre Auferrand et le col du même nom le jambage N n'est plus conservé ; par contre le coeur de Lias supérieur du synclinal repose sur une écaille, dans laquelle on trouve de haut en bas du Crétacique supérieur, un conglomérat éocène et une barre puisssante de Lias inférieur. Ce dernier s'appuie sur le Flysch avec lames supracrétaciques imbriquées. La zone de Crétacique et de conglomérats éocènes qui s'intercale ici entre le Lias supérieur et le Lias calcaire est le prolongement de celle qui entre Auferrand et la Touvière se place entre le Lias ou le Trias et le Flysch du soubassement.

Le jambage S renversé du synclinal d'Almet est formé par le Lias calcaire ; plongeant vers le S dans le voisinage de la crête, il s'incurve assez brusquement sur le versant S de façon à s'appuyer normalement sur l'Infralias et le Trias plongeant au N. Ce Trias chevauche sur le Flysch entre les Annes et les flancs d'Almet au-dessus de Sommier et du Reposoir; vers le S il chevauche sur le Rhétien ou le Lias de la Klippe de Lachat.

5° Le soubassement tertiaire de la Klippe d'Almet renferme de nombreuses écailles de Crétacique, dont la présence rappelle à la fois la bordure des Préalpes et la Klippe de Sulens. Une première écaille se trouve au N de la Duche sur le flanc S de la Klippe de Lachat. Dans le vallon de Maroly deux écailles de calcaire compact gris clair du Crétacique supérieur s'intercalent dans le Flysch sous le Trias. Vers l'extrémité orientale de la

chaîne d'Almet je connais une lame de calcaire supracrétacique au sommet des pentes abruptes qui dominent le Reposoir et une écaille très mince du même calcaire qui sépare à la Touvière le Trias du Flysch. Nous avons trés probablement ici la même zône de Crétacique qui prend un beaucoup plus grand développement à Auferrand, et qui s'insinue ensuite entre une lame de Lias inférieur et le synclinal de Lias supérieur. Le Crétacique des environs d'Auferrand présente un intérêt très particulier ; d'abord il se trouve successivement dans deux positions tectoniques bien différentes; ensuite son faciès variant rapidement d'un point à l'autre est tantôt identique au faciès préalpin comme à Auferrand et dans le vallon qui descend au col, tantôt absolument semblable au faciès haut-alpin des chaînes voisines comme sur le crêt qui sépare Auferrand de ce vallon. Enfin soit à Auferrand, soit un peu plus à l'W on voit ces calcaires supracrétaciques reposer sur un calcaire gris clair, grenu, rugueux au toucher qui rappelle exactement l'Urgonien des chaînes voisines. Outre cette écaille intercalée entre les formations secondaires de la Klippe on en trouve une seconde pointant du Flysch sous-jacent.

En réalité rien dans la constitution des lames crétaciques incluses dans le soubassement ou dans la Klippe elle-même n'oblige à leur attribuer une origine lointaine. Il est même fort intéressant de trouver ici juxtaposés et passant l'un à l'autre les faciès préalpins et haut-alpins du Crétacique supérieur.

6° La Klippe des Annes a provoqué la formation dans le flanc SE de l'anticlinal des Vergys d'une série de fractures, qui sont évidemment nées du non parallé-

lisme entre les plis de la Klippe et ceux des chaînes voisines et qui ont dû se former pendant la surrection de ces dernières. L'une de ces fractures, qui coupe le flanc SW de la Pointe de Maise avec une direction NNW-SSE se prolonge dans le soubassement de la Klippe de Lachat sous la forme d'une flexure qui forme le jambage occidental vertical d'un anticlinal déjeté de Nummulitique et de Crétacique supérieur.

Nous avons vu du reste que ces fractures ne prennent un semblable développement dans la chaîne des Vergys que dans la partie comprise entre Jalouvre et le Grand Bornand, c'est-à-dire dans celle qui se trouve au NW de la Klippe des Annes. Il paraît ainsi justifié de les attribuer à une poussée vers l'W exercée par celle-ci et l'on peut considérer comme vraisemblable que l'extension de la Klippe au moment où cette poussée s'est exercée devait être à peu près la même qu'elle l'est aujourd'hui.

7° Par suite de la résistance peu considérable du soubassement de la Klippe, les éboulements ont pris un grand développement tout autour de celle-ci, couvrant la plus grande partie des pentes de débris de Lias ou de Trias, parmi lesquels quelques uns sont restés suffisamment volumineux pour faire croire à de véritables affleurements.

Tels sont les faits que je crois avoir établis. Si nous les examinons maintenant afin d'en tirer des déductions théoriques, nous voyons qu'aucun d'entre eux ne constitue un argument absolu ni en faveur de l'hypothèse du horst ou du récif replissé sur place, ni en faveur de celle du lambeau de recouvrement, reste détaché de la nappe de charriage préalpine. La superposition à peu

près générale sur la périphérie de la Klippe des formations secondaires en série normale sur le Flysch parle incontestablemeut en faveur de la théorie du lambeau de recouvrement, et l'analogie entre les roches de la Klippe des Annes avec celles des Préalpes doit logiquement amener à une assimilation de la première aux secondes. Pourtant, comme l'a montré dans le temps M. Haug[1] à propos de la Klippe de Sulens, cette superposition anormale de la Klippe sur son soubassement peut aussi s'expliquer par l'écrasement sur place d'un pli antérieur au plissement des hautes chaînes calcaires ; cette manière de voir devient plus plausible encore si l'on admet que ce pli préexistant avait une direction oblique sur la direction des plis haut-alpins (S-N) et qu'en outre il avait du être émergé pendant une grande partie des temps jurassiques et crétaciques, subissant pendant cette période un démantellement partiel. Par suite de cette interruption dans la sédimentatation et des attaques plus ou moins profondes de l'érosion, la série des dépôts a du varier considérablement d'un point à l'autre de cette région et ces inégalités ont pu favoriser à un haut degré les fractures et les chevauchements. Même si la Klippe d'Almet n'avait plus aucune racine à l'heure qu'il est cela ne prouverait pas qu'elle n'en a jamais eu.

Quant à la similitude stratigraphique entre la Klippe des Annes et les Préalpes elle rend incontestablement nécessaire de faire rentrer l'une et les autres dans une même zone de sédimentation ; par conséquent, si les Pré-

[1] E. Haug. *Bul. du serv. de la carte géol. de la France.* n° 47, p. 60-63 et *C. R. Soc. géol. de France.* Séance du 4 février 1895.

alpes ont une origine lointaine, il doit en être de même pour la Klippe, mais je ne crois pas qu'on puisse considérer dès maintenant l'origine lointaine des Préalpes comme un fait irréfutablement démontré. D'autre part les différences de faciès, qui existent entre les formations secondaires des Annes et celles qui leur correspondent dans la région de Flumet-Mégève, peuvent fort bien résulter d'une transition graduelle se faisant sur une distance peu considérable. Il serait d'autant plus naturel de trouver ici des modifications de faciès que nous savons par les travaux de M. E. Ritter[1] qu'une partie du massif du Mont-Blanc devait émerger pendant le Trias et le Lias.

Je dois reconnaître ici que mes observations m'ont amené à supprimer les deux principaux arguments de Maillard en faveur de l'idée d'un pli préexistant repris par les plissements alpins, en montrant d'une part l'absence de Flysch transgressif sur le Trias et le Lias de Lachat, d'autre part la non existence de la charnière anticlinale déjetée au SE que Maillard admettait sur le flanc oriental de cette même chaîne.

Par contre les écailles crétaciques du soubassement et de l'intérieur même de la Klippe, que les adeptes de de la théorie du charriage des Préalpes et des Klippes seraient tentés de considérer comme d'origine nécessairement lointaine, présentent en réalité un caractère mixte entre les faciès préalpin et haut-alpin ; la plupart ne se distinguent guère des roches correspondantes des Hautes Alpes que par leur caractère laminé ; elles

[1] E. Ritter. *Bul. du service de la carte géolog. de France.* N° 60, 1897.

peuvent donc fort bien être encore actuellement à peu près sur l'emplacement où elles se sont déposées.

Enfin la tectonique si compliquée de la Klippe des Annes peut être le résultat du replissement aussi bien d'une nappe de charriage que d'un pli préexistant; mais les dislocations que nous avons étudiées sur le flanc de l'anticlinal des Vergys, paraissent être dues à une poussée exercée par un massif dont l'extension devait être sensiblement la même que celle de la Klippe des Annes actuelle, et ce fait parle contre l'hypothèse d'après laquelle la nappe préalpine aurait couvert toute cette région des Hautes Alpes calcaires. Je crois au contraire que cette action de la Klippe sur la chaîne voisine pourrait s'expliquer, si l'on admet un pli préexistant en partie démantelé et ayant une direction à peu près S-N ; ce pli, repris par une pression tangentielle agissant du SE au NW, aurait été écrasé dans le sens de son axe par la composante S-N de cette force, se serait rompu entre la Klippe d'Almet et celle de Lachat et aurait subi un élargissement local entre les Annes et le col d'Auferrand.

Pour conclure je suis obligé de reconnaître que, malgré mon étude complémentaire, je me vois comme Maillard dans l'impossibilité de déterminer d'une façon certaine l'origine de la Klippe des Annes, que je considère du reste comme liée à celle des Préalpes en général. Je serais heureux néanmoins, si mes quelques observations, faites d'une façon absolument impartiale, peuvent contribuer à jeter un peu de lumière sur cette question si difficile de la tectonique des Préalpes et des Klippes.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1902

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER
Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

(Suite et fin[1],)

IV. Humidité de l'air

Les observations de la *fraction de saturation* ont continué au Grand Saint-Bernard comme l'année précédente. Aux deux stations de Genève et du Grand Saint-Bernard, la valeur de cet élément est appréciée en *pour cent* et non plus en *millièmes* comme c'était le cas jusqu'en 1900. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour les seules moyennes annuelles de Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève*, la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite de l'observation des deux thermomètres du psychromètre; pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du

[1] Voir *Archives*, novembre 1903, p. 541.

matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur Richard.

Le *tableau XIX* fournit, pour les huit observations trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année; puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué.

Afin de rendre l'évaluation des *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a aussi calculé, comme précédemment, la *fréquence relative de la saturation* pour les mois, les saisons et l'année.

Le *tableau XX* donne les *écarts* de la fraction de saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de E. Plantamour.

L'année 1902, comme l'année 1901, présente à Genève, une humidité presque normale, légèrement inférieure à la moyenne de 1849 à 1875. Le nombre des écarts négatifs, pour les treize mois, est aussi supérieur à celui des écarts positifs.

Il n'y a pas eu de minimum bien accusé. Quant au maximum, la saturation complète, il continue à se présenter moins fréquemment que par le passé.

Au *Grand Saint-Bernard*, les observations se font à l'hygromètre à cheveu d'Usteri-Reinacher, installé en octobre 1900. Les extrêmes sont parfois relevés sur l'hygromètre enregistreur de Richard qui fonctionne régulièrement et confirme remarquablement les observations directes.

XIX. FRACTION DE SATURATION EN POUR CENT. — GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	1 h. m	4h.m.	7h.m.	10h.m	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10h.s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu		Fréquence relative de la saturation
Déc. 1901 .	86	87	89	83	76	77	80	84	83	57	100	3 fois	0.012
Janvier 1902	88	89	90	83	75	76	84	86	84	45	100	28 »	0.113
Février. .	90	91	91	85	79	80	84	89	86	40	100	7 »	0.031
Mars	83	86	89	72	61	59	69	78	74	30	98		0.000
Avril	82	84	84	69	58	59	72	78	73	27	100	2 »	0.008
Mai	78	80	76	60	53	52	64	75	67	29	100	1 »	0.004
Juin	78	79	76	62	51	50	61	74	66	28	99		0.000
Juillet . . .	78	81	75	58	49	48	59	70	65	25	100	1 »	0.004
Août	80	83	85	69	60	56	68	79	73	34	100	2 »	0.008
Septembre .	87	89	90	76	66	64	78	85	79	44	100	4 »	0.017
Octobre . .	90	89	88	79	70	72	85	89	83	46	99		0.000
Novembre .	90	90	91	83	79	82	86	89	86	58	100	16 »	0.067
Décembre .	88	90	89	85	79	81	86	86	85	40	100	16 »	0.065
Hiver. . . .	88	89	90	84	77	78	83	86	84	40	100	38 fois	0.053
Printemps .	81	83	83	67	57	57	68	77	71	27	100	3 »	0.004
Été	79	81	79	63	53	51	63	74	68	25	100	3 »	0.004
Automne . .	89	89	90	79	72	73	83	88	83	44	100	20 »	0.027
Ann. météor.	84	85	85	74	64	64	75	81	76,5	25	100	64 fois	0.022
Année civile .	84	85	85	74	64	65	76	81	76,7	25	100	77 »	0.026

XX. ÉCARTS DE L'HUMIDITÉ. GENÈVE, 1902.

Période	Fraction de saturation.		Fréquence relative de la saturation.	
	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1902	Moyennes (1849-1875)	Écarts pour 1902 mm
Décembre 1901...	86	– 3	0,147	– 0,135
Janvier 1902.....	86	– 2	0,145	– 0,032
Février..........	82	+ 4	0,096	– 0,065
Mars............	75	– 1	0,039	– 0,039
Avril............	70	+ 3	0,016	– 0,008
Mai.............	70	– 3	0,016	– 0,012
Juin.............	70	– 4	0,010	– 0,010
Juillet...........	68	– 3	0,006	– 0,002
Août............	71	+ 2	0,009	– 0,001
Septembre.......	77	+ 2	0,025	– 0,008
Octobre..........	83	0	0,083	– 0,083
Novembre........	83	+ 3	0,067	0,000
Décembre........	86	– 1	0,147	– 0,082
Hiver	85	– 1	0,130	– 0,077
Printemps........	72	– 1	0,024	– 0,020
Été	69	– 1	0,008	– 0,004
Automne	81	+ 2	0,058	– 0,031
Année météorol...	76,8	– 0,3	0,055	– 0,033
Année civile......	76,8	– 0,1	0,055	– 0,029

Le *tableau XXI* fournit pour le Grand Saint-Bernard les données semblables à celles que le tableau XIX donne pour Genève, mais il n'y a que trois observations diurnes au lieu de huit.

La valeur moyenne de la fraction de saturation est plus faible qu'à Genève pour l'année. Elle est plus forte au printemps et en été, plus faible en automne et surtout en hiver. Les seuls mois où elle soit plus forte qu'à Genève, sont ceux d'avril, mai, juin et août, soit au printemps et en été, comme les chiffres moyens des saisons l'indiquaient déjà.

XXI. Fraction de saturation en pour cent. — GRAND SAINT-BERNARD, 1902.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu	Fréquence relat. de la saturation
Décembre 1901	71	69	72	71	3	100 1 fois	0,011
Janvier 1902	53	50	58	54	0	100 2 »	0,020
Février	78	77	81	79	6	100 3 »	0,036
Mars	67	60	67	65	8	98	0,000
Avril	83	70	83	79	6	99	0,000
Mai	86	62	90	79	20	100 13 fois	0,140
Juin	78	58	88	75	23	100 12 »	0,133
Juillet	60	51	74	62	5	100 8 »	0,086
Août	76	68	85	76	15	100 12 »	0,129
Septembre	71	66	81	73	10	100 11 »	0,122
Octobre	79	75	88	80	12	100 29 »	0,312
Novembre	75	73	76	75	20	100 7 »	0,078
Décembre	73	72	72	72	3	100 9 »	0,097
Hiver	67	65	70	67	0	100 6 fois	0,022
Printemps	78	64	80	74	6	100 13 »	0,047
Été	71	59	82	71	5	100 32 »	0,116
Automne	75	72	82	76	10	100 47 »	0,172
Année météorologique	73	65	79	72	0	100 98 fois	0,089
Année civile	73	65	79	72	0	100 106 »	0,097

On a constaté de nouveau cette année quelques cas de *très grande sécheresse de l'air*. Voici le tableau exact des chiffres inférieurs à 10 °/₀ observés directement à l'hygromètre d'Usteri-Reinacher :

3	°/₀	le 5	décembre	1901	à	1	h. du	soir.
8	»	11	»			9	»	»
5	»	8	janvier	1902		7	h. du	matin.
0	»		»			1	»	soir.
6	»		»			9	»	»
6	»	9	»			7	»	matin.
0	»		»			1	»	soir.
8	»		»			9	»	»
7	»	10	»			7	»	matin.
5	»	17	»			9	»	soir.
6	»	23	février			7	»	matin.
5	»	6	juillet			7	»	»
4	»	28	décembre			7	»	»
5	»		»			9	»	soir.

Comme nous le faisions remarquer l'année dernière, ces cas de grande sécheresse de l'air tombent presque tous dans les mois froids et correspondent à une température relativement élevée. Une fois en 1902 on a noté *zéro* à l'hygromètre ; comme nous le disions l'année dernière ces indications de *zéro* n'ont qu'une valeur relative et accusent seulement une très grande sécheresse.

Le nombre des cas de saturation a été sensiblement plus élevé cette année au Grand Saint-Bernard que l'année dernière. Il y en a aussi eu relativement, et même absolument, davantage qu'à Genève.

V. Vents.

Genève. — L'observation des vents se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne

girouette, en estimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XXII* donne les résultats généraux du premier système d'observation. Il fournit pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué tenant compte du facteur (1 à 6) représentant la force du vent.

XXII. Vents observés. — GENÈVE. 1902.

	Décemb. 1901.	Janvier 1902.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Année météor.	Année civile.
Calme..	94	90	73	49	56	45	37	45	54	65	62	84	74	754	734
N......	11	7	22	29	43	23	50	55	38	40	22	11	9	351	349
NNE...	17	60	45	19	52	68	27	11	10	38	34	21	40	402	425
NE....	0	3	8	3	4	1	1	1	4	5	5	14	9	49	58
ENE...	2	1	4	0	0	4	0	0	1	0	5	4	8	21	27
E......	2	1	3	0	1	3	0	0	2	2	3	6	7	23	28
ESE...	0	0	0	2	1	1	2	1	1	0	4	2	1	14	15
SE.....	2	1	2	3	0	2	0	1	0	0	0	1	4	12	14
SSE....	0	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	7	9
S......	3	6	6	4	1	0	7	8	14	1	4	2	5	56	58
SSW...	56	45	12	50	27	75	60	43	39	27	31	23	28	488	460
SW....	7	8	7	5	5	11	3	13	11	10	11	9	8	100	101
WSW..	1	14	4	9	9	2	4	6	3	5	7	1	5	65	69
W.....	3	2	2	2	0	2	2	1	6	0	1	0	2	21	20
WNW..	1	1	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	8	7
NW....	5	0	1	5	2	0	1	5	4	2	3	0	2	28	25
NNW..	2	2	3	5	1	5	5	8	2	2	4	2	4	41	43

Le *tableau XXIII* contient les résultats que l'on peut déduire du précédent au point de vue de la résultante finale des vents à Genève.

XXIII. Vents. — GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	VENTS			RÉSULTANTE		Calme
	NNE.	SSW.	Rapport	Direction	Intens. s. 100	s. 100
				°		
Déc. 1901	28	66	0,42	S 40,1 W	19,9	50,5
Janvier 1902 .	70	59	1,19	N 41,6 W	4,3	48,4
Février	75	25	3,00	N 17,9 E	29,5	43,5
Mars	51	59	0,86	S 9,6 W	13,5	26,3
Avril	99	33	3,00	N 0,6 E	34,9	31.1
Mai	92	86	1,07	N 28,9 W	8,2	24,2
Juin	78	70	1,11	N 61,1 W	12,8	20,5
Juillet	67	64	1,05	N 64,0 W	19,0	24.2
Août	52	64	0,81	S 83,5 W	15,8	29,0
Septembre	83	38	2,18	N 12,1 E	25,2	36.1
Octobre	61	46	1,33	N 8,2 W	10,9	33.3
Novembre	46	34	1,35	N 47,5 E	10,0	46,7
Décembre	58	41	1,41	N 49,2 E	12.1	39,8
Année météor.	802	644	1,25	N 31,9 W	10,9	34,4
Année civile ..	832	619	1,34	N 19,5 W	12,0	33,5

Le *tableau XXIV* est le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi (SSW). Il y a eu 8 jours de forte bise de moins que la moyenne (42) dans l'année météorologique et 5 de moins dans l'année civile. Il y a aussi eu 1 jour de fort vent du midi de moins que la moyenne (44) dans la première et 2 dans la seconde. L'année 1902 a donc présenté un déficit de jours où le vent ait soufflé avec force du NNE ou du SSW, tout au contraire des deux années précédentes.

Le petit tableau suivant donne les résultats du deuxième système d'observation du vent au moyen de l'anémographe Richard. Il indique, pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée

en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent.

	Km. p. h.		Km. p. h.
Décembre 1901	6.68	Juin 1902.....	6.49
Janvier 1902 ..	7.65	Juillet.........	6.34
Février	4.42	Août	6.13
Mars..........	7.34	Septembre	6.33
Avril..........	6.86	Octobre.......	6.66
Mai	10.29	Novembre.....	4.25
		Décembre.....	6.62

Il en ressort que les mois les plus calmes ont été février et surtout novembre et le plus venteux le mois de mai, caractérisé déjà comme un mois froid et laid. Au reste la vitesse moyenne du vent a été en général plus faible que durant les années précédentes.

XXIV. GENÈVE, 1902.

	Nombre de jours de	
Période	forte bise	fort vent du midi
Décembre 1901 ...	1	4
Janvier 1902......	5	5
Février...........	3	1
Mars	4	7
Avril	5	4
Mai..............	4	9
Juin.............	3	5
Juillet	0	2
Août.............	0	2
Septembre........	2	1
Octobre..........	4	2
Novembre........	3	1
Décembre........	4	3
Hiver............	9	10
Printemps........	13	20
Été.............	3	9
Automne.........	9	4
Année météor.....	34	43
Année civile......	37	42

Si l'on recherche encore les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé en moyenne *25 kilomètres à l'heure*, on en trouve 11 dans l'année météorologique et 10 dans l'année civile. A une exception près, ce sont tous des jours de *bise*. En voici le tableau, avec l'indication de la vitesse moyenne du vent et de sa direction :

1901-1902	Km. p. h.	Direction	1902	Km. p. h.	Direction
9 déc.	25.1	NNE	8 mai	29.2	NNE
15 janv.	27.1	»	9 »	25.1	»
30 »	29.2	»	10 »	25.1	»
31 »	35.4	»	17 »	25.1	SSW
1er fév.	31.3	»	28 sept.	25.1	NNE
			24 octobre	25.1	»

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette et les observations ne se font plus que trois fois par jour depuis cette année. Il en résulte que, pour le mois de décembre 1901, les chiffres publiés au *tableau XXV* diffèrent sensiblement de ceux du tableau parallèle du résumé pour 1901, parce que ceux-ci correspondaient à six observations diurnes.

Vu la situation de l'hospice, on n'y observe que deux vents : ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW ; mais à cause de l'orientation du col, ces directions, à l'hospice même, se rapprochent plutôt d'être est et ouest. Le calme ne s'observe guère et l'intensité du vent est estimée suivant la demi-échelle de Beaufort, surtout depuis le mois de décembre 1902 ; auparavant les intensités semblent avoir été notées plutôt trop faibles.

Le tableau XXV fournit les résultats moyens de ces observations, avec les conclusions que l'on en peut tirer pour la résultante des vents.

XXV. Vents. — SAINT-BERNARD 1902.

Période	Vents NE.	Vents SW.	Vents Rapport.	Résultante Direction.	Résultante Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1901.	52	45	1,16	N 45°E	7,5	0,0
Janv. 1902.	78	26	3,00	N 45 E	55,9	0,0
Février...	19	66	0,29	S 45 W	56,0	0,0
Mars.....	59	43	1,37	N 45 E	17,2	0,0
Avril.....	23	73	0,32	S 45 W	55,6	0,0
Mai......	72	31	2,32	N 45 E	44,1	0,0
Juin......	42	50	0,84	S 45 W	8,9	0,0
Juillet....	65	30	2,02	N 45 E	37,6	0,0
Août.....	39	58	0,67	S 45 W	20,4	0,0
Septembre.	28	63	0,44	S 45 W	39,0	0,0
Octobre ..	33	62	0,53	S 45 W	131,2	0,0
Novembre.	8	97	0,08	S 45 W	98,9	0,0
Décembre.	117	82	1,43	N 45 E	37,6	0,0
Année mét.	518	644	0,80	S 45 W	11,5	0,0
Année civ.	583	681	0,86	S 45 W	8,9	0,0

VI. Pluie et Neige.

Le *tableau XXVI* fournit, comme dans les résumés antérieurs, pour *Genève*, les données relatives à la pluie et, pour le *Grand Saint-Bernard*, les données relatives à la pluie et à la neige.

Il convient d'y ajouter les indications relatives à la *neige à Genève*. On a récolté à l'observatoire les *hauteurs de neige* suivantes, très faibles comme dans les deux années précédentes :

cm.					
7.5	en	décembre	1901	en	2 jours
3.5	»	janvier	1902	»	1 »
19.5	»	février	»	»	3 »
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
10.0	»	novembre	»	»	1 »
0.5	»	décembre	»	»	1 »
40.5	dans	l'année	météorologique	en	7 jours
33.5	»	»	civile		6 »

XXVI. Pluie et neige. 1902.

PÉRIODE	GENÈVE. Nombre de jours.	GENÈVE. Eau tombée. mm	GENÈVE. Nombre d'heures.	SAINT-BERNARD. Nombre de jours.	SAINT-BERNARD. Eau tombée. mm	SAINT-BERNARD. Hauteur de la neige. cm
Décemb. 1901.	15	90,7	44	11	194,7	189
Janvier 1902..	8	53,9	36	7	130,0	139
Février......	16	122,8	92	13	123,8	128
Mars........	19	120,6	129	15	168,6	170
Avril........	15	111,8	47	12	115,8	85
Mai.........	14	57,9	54	13	163,7	130
Juin.........	12	47,3	29	6	69,6	—
Juillet......	12	48,4	27	5	64,8	—
Août........	14	152,6	96	6	106,3	—
Septembre....	11	115,0	45	6	57,0	7
Octobre.....	17	97,2	67	12	174,5	116
Novembre....	12	47,2	54	8	104,1	114
Décembre....	13	37,0	39	6	87,4	107
Hiver........	39	267,4	172	31	448,5	456
Printemps....	48	290,3	230	40	448,1	385
Été..........	38	248,3	152	17	240,7	—
Automne.....	40	259,4	166	26	335,6	237
Année météor.	165	1065,4	720	114	1472,9	1078
Année civile..	163	1011,7	715	109	1365,6	996

Le *tableau XXVII* indique les écarts entre les moyennes de Plantamour et les totaux de 1902 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau recueillie, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

A *Genève*, tous les mois, sauf janvier, donnent un excès de jours de pluie et sept mois un excédent de quantité d'eau. Le mois le plus humide, relativement, est février et, absolument, c'est août. Mars fournit le plus grand nombre de jours de pluie avec l'excès maximum. Au *Grand Saint-Bernard*, c'est aussi mars qui a

XXVII. Écarts avec les moyennes de précipitation. 1902.

PÉRIODE	Genève Jours de pluie.	Genève Eau tombée. mm	Grand St-Bernard Jours de pluie.	Grand St-Bernard Eau tombée. mm
Décembre 1901	+ 6	+ 39,7	+ 3	+ 121,6
Janvier 1902..	− 2	+ 5,1	− 4	+ 0,9
Février.......	+ 8	+ 86,3	+ 4	+ 30,2
Mars.........	+ 9	+ 73,3	+ 4	+ 71,7
Avril.........	+ 4	+ 55,0	+ 1	− 4,3
Mai..........	+ 2	− 21,2	+ 2	+ 43,7
Juin..........	+ 1	− 28,7	− 4	− 31,8
Juillet........	+ 3	− 22,4	− 4	− 10,3
Août.........	+ 4	+ 72.2	− 3	+ 20,5
Septembre....	+ 1	+ 20,8	− 3	− 59,0
Octobre.......	+ 5	− 3,8	+ 2	+ 32,2
Novembre.....	+ 1	− 26,8	− 2	+ 5,5
Décembre.....	+ 4	− 14,0	− 2	+ 14,3
Hiver.........	+ 12	+ 131,1	+ 3	+ 152,7
Printemps.....	+ 15	+ 107,1	+ 7	+ 111,1
Été...........	+ 8	+ 21,1	− 11	− 21,6
Automne......	+ 7	− 9,8	− 3	− 21,3
Année météor.	+ 42	+ 249,5	− 4	+ 220,9
Année civile..	+ 40	+ 195,8	− 9	+ 113,6

le plus de jours de pluie. La plus grande quantité d'eau est tombée en décembre 1901 et en octobre 1902.

Les mois les plus secs sont novembre et décembre 1902 à Genève. Au Grand Saint-Bernard c'est le mois de septembre.

Parmi les saisons, l'hiver et le printemps sont sensiblement trop humides aux deux stations. L'été et l'automne sont à peu près normaux, le premier est un peu plus humide que la normale à Genève, un peu moins à l'hospice du Grand Saint-Bernard, l'automne présente un très léger déficit de pluie.

Pour l'*année*, c'est l'influence des deux premières

saisons qui l'emporte et elle est très humide à Genève et humide au Grand Saint-Bernard. L'année civile est un peu moins humide que l'année météorologique, mais dans toutes deux il est tombé plus d'un mètre d'eau à Genève.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire. poussée plus loin pour les observations de *Genève*.

Le *tableau XXVIII* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs où la pluie a été récoltée. La plus longue période de sécheresse est au mois de janvier, la plus longue période pluvieuse en mars.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de pluie mesurée a été inférieure à 1^{mm} et à $^1/_4$ de millimètre. Ces nombres sont un peu inférieurs à ceux de l'année précédente. Si l'on ne compte comme *jours de pluie bien caractérisée* que ceux où il tombe au moins 1^{mm} d'eau, on en trouve, à Genève, 129 pour l'année météorologique et 126 pour l'année civile, une vingtaine de plus que l'année précédente. Les chiffres sont plus faibles au Grand Saint-Bernard, 114 et 109, les mêmes chiffres qu'au tableau XXVI.

Enfin ce tableau donne le maximum de pluie récolté chaque mois et le nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres. Il n'y a eu que deux jours en 1902 où l'on ait enregistré des chutes d'eau dépassant cette limite. Le tableau donne les totaux et les dates. Le maximum correspond au 16 avril avec 45 millimètres.

XXVIII. Périodes de sécheresse et de pluie. — Genève, 1902.

Période.	Périodes de sécheresse		Périodes pluvieuses.		Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm,25.	Pluie dans 24 heures Maximum. mm	Pluie dans 24 heures Chute dépassant 30 mm.
Décembre 1901..	15 jours	(23 novembre-7)	7 jours	(8 14)	3 jours	0 jours	20,5 le 13	0
Janvier 1902	21 »	(3-23)	6 »	(24-29)	2 »	0 »	17,7 le 2	0
Février.........	8 »	(16-23)	10 »	(6-15)	2 »	1 »	28,8 le 28	0
Mars.....	5 »	(3-7)	12 »	(20-31)	4 »	2 »	19,2 le 22	0
Avril...........	4 »	(5-8)	3 »	(2-4, 9-11, 15-17, 22-24)	4 »	2 »	44,9 le 16	1
Mai............	12 »	(23-3 juin)	5 »	(15-19)	5 »	1 »	14,5 le 17	0
Juin	9 »	(22-30)	4 »	(11-14)	4 »	2 »	12,4 le 20	0
Juillet	6 »	(3-8)	3 »	(16-18)	3 »	1 »	11,9 le 10	0
Août...........	5 »	(3 7)	3 »	(24-26)	1 »	1 »	32,2 le 20	1
Septembre......	6 »	(18-23)	4 »	(29-2 octobre)	1 »	0 »	26,5 le 1	0
Octobre	11 »	(24-3 novembre)	8 »	(4-11)	1 »	0 »	29,6 le 16	0
Novembre......	8 »	(10-17)	4 »	(23-26)	6 »	1 »	13,1 le 9	0
Décembre	7 »	(8-14)	6 »	(15-20)	4 »	0 »	6,2 le 29	0
Année météorol.	21 jours	(3-23 janvier)	12 jours	(20-31 mars)	36 jours	11 jours	44,9 le 16	2
Année civile....		id.		id.	37 »	11 »	avril id.	2

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviographe Usteri-Reinacher :

Date	mm.	min.	mm. par min.
15 avril	5.5	5	1.1
16 »	17.0	35	0.5
4 juin	3.5	9	0.4
8 août	8.0	7	1.1
» »	3.5	5	0.7
20 »	5.0	12	0.4
» »	5.0	7	0.7
1 sept.	20.0	20	1.0

XXIX. GENÈVE, 1902.

Période.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
		h	mm
Décembre 1901	0,059	2,93	2,06
Janvier 1902.......	0,048	4,50	1,50
Février	0,137	5,75	1,33
Mars..............	0,173	6,79	0,93
Avril..............	0,065	3,13	2,38
Mai...............	0,073	3,86	1,07
Juin...............	0,040	2,42	1,63
Juillet............	0,036	2,25	1,79
Août..............	0,129	6,86	1,59
Septembre	0,062	4,09	2,55
Octobre...........	0,090	3,94	1,45
Novembre.........	0,075	4,50	0,87
Décembre	0,052	3,00	0,95
Hiver.............	0,080	4,41	1,55
Printemps.........	0,104	4,79	1,26
Été	0,069	4,00	1,63
Automne..........	0,076	4,15	1,56
Année météorol...	0,082	4,36	1,48
Année civile.......	0,082	4,39	1,41

Le *tableau XXIX* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est à cet effet calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie*, ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période ; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie* par jour de pluie, obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie ; 3° *l'eau tombée dans une heure*, obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période, ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne de la précipitation.

Le *tableau XXX* contient le relevé général des observations faites dans les stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. Le nombre de ces stations est actuellement de douze, un pluviomètre ayant été installé à Châtelaine, à l'école cantonale d'horticulture. Le directeur, M. Platel, veut bien nous communiquer régulièrement les résultats de ses observations. Elles n'ont commencé qu'en janvier 1902, mais nous avons pu obtenir la quantité d'eau de décembre 1901 par extrapolation en comparant Châtelaine à Chambésy et à l'observatoire, stations voisines qui donnent des chiffres tout à fait semblables.

Nous avons quelques remarques à faire au sujet des stations d'Athenaz, Compesières et Jussy. M. J.-J. Decor, notre fidèle observateur d'Athenaz, ayant dû prendre un congé pour sa santé en 1902, les observations ont

XXX. Stations pluviométriques du canton de Genève. 1902.

Station : Altitude : Observat. : M.	*Céligny* 424 m. Ch. Pesson	*Collex* 424 m. J. Gottraux	*Chambésy* 433 m. L. Perrot	*Châtelaine* 425 m. Platel	*Satigny* 465 m. P. Pelletier	*Athenaz* 428 m. J.-J. Decor	Compesières 478 m. A. Pellegrin	*Veyrier* 423 m. B. Babel	*Genève* 406 m. Observatoire	*Cologny* 452 m. R. Gautier	*Puplinge* 445 m. A. Dunant	*Jussy* 470 m. Micheli	*Hermance* 380 m. C. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1901..	115.0	112.1	90.3	(90.0)	127.5	99.3	—	72.3	90.7	74.9	67.4	76.0	85.9
Janv. 1902.	92.4	115.1	80.3	67.5	103.0	71.0	64.0	40.4	53.9	52 4	29.8	34.5	81.0
Février....	133.2	149.9	129.0	128.0	134.5	123 5	138.0	123.4	122.8	122.2	101.6	98.0	144.8
Mars......	141.9	150.5	128.1	121.9	161.0	120.5	103.0	89.0	120.6	102.7	91.0	91.0	122.1
Avril......	79.7	75.7	84.8	107.6	63.5	—	79.5	98.4	111.8	108.1	79.3	—	82.1
Mai.......	102.8	77.1	61.8	70.9	108.0	—	57 0	49.0	57.9	52.0	48.7	46.3	65.1
Juin......	40.1	47.4	40.3	47.9	44.5	—	—	58.1	47.3	39.5	53.0	—	32.1
Juillet.....	104.3	45.2	40.0	41.7	34.5	—	—	65.0	48.4	47.7	64.9	—	52.8
Août......	111.9	137.7	133.5	139.0	150.0	—	—	153.7	152.6	147 3	145.3	—	119.1
Septembre.	70.5	84.9	87.3	91.3	98.0	103.5	—	85.6	115.0	77.5	82.4	74.3	81.5
Octobre ...	100.8	109.3	100.0	93.9	109.0	95.0	—	84.4	97.2	91.0	93.2	90.5	106.6
Novembre..	70.7	67.7	58.0	60.4	73.0	55.0	—	47.1	47.2	44.5	34.3	43.4	58.0
Décembre,.	33.1	43.1	37.3	38.0	46 5	27.5	—	29.9	37.0	30.7	27.8	28.5	38.0
Hiver.....	340.6	377.1	299.6	285.5	365.0	293.8	—	236.1	267.4	249.5	198.8	208.5	311.7
Printemps.	324 4	303.3	274.7	300.4	332.5	—	239.5	236.4	290.3	262.8	219.0	—	269 3
Été.......	256.3	230.3	213.8	228.6	229.0	—	—	276.8	248.3	234.5	263.2	—	204.0
Automne ..	242.0	261.9	245.3	245.6	280.0	253.5	—	217.1	259.4	213.0	209.9	208.2	246.1
An. météor.	1163.3	1172.6	1033.4	1060.1	1206 5	—	—	966.4	1065.4	959.8	890.9	—	1031.1
An. civile..	1081.4	1103.6	980.4	1008.1	1125.5	—	—	924.0	1011.7	915.6	851.3	—	983.2

été interrompues pendant quelques mois. A Compesières, M. Pellegrin a renoncé à les faire à partir de l'été et nous n'avons pu réorganiser le service qu'au commencement de 1903, où M. J. Babel l'a repris. Enfin nous avons eu le très grand chagrin de perdre au mois de juin 1902 M. Marc Micheli, qui nous communiquait régulièrement ses observations de la pluie faites à son pluviomètre enregistreur, ainsi que ses mesures de la durée d'insolation. Cette perte d'un collaborateur précieux dont l'éloge n'est plus à faire dans les *Archives* a interrompu la série de Jussy pendant quelques mois. Elle a pu être reprise en automne, M. Jules Micheli ayant bien voulu continuer le relevé des observations inaugurées par son père. Depuis ce moment les observations de la pluie se font à un pluviomètre ordinaire, l'enregistreur ne servant plus que comme contrôle. Je profite de cette occasion pour adresser mes sincères remerciements aux onze observateurs qui veulent bien nous fournir le relevé des chutes de pluie dans le canton de Genève.

Le *tableau XXXI* fournit le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève et le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon (éclairs de chaleur) sans que le tonnerre fût perceptible. Les deux nombres sont inférieurs à ceux des trois années antérieures et le nombre des jours d'orage est un peu inférieur à la moyenne de Plantamour (25 de 1847 à 1875).

Il y a eu en 1902 trois chutes de *grêle* à l'observatoire, les deux premières dans la nuit du 9 au 10 juillet et la troisième le 8 août. Elles ont toutes trois pro-

duit quelques dégâts dans diverses communes du canton.

XXXI. Orages. — GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	Jours de tonnerres.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1901	0	0
Janvier 1902........	0	0
Février	0	0
Mars	1	0
Avril	3	0
Mai	1	0
Juin................	2	3
Juillet	6	7
Août	5	5
Septembre..........	3	2
Octobre............	0	0
Novembre..........	0	0
Décembre..........	0	0
Année météorol.....	21	17
Année civile........	21	17

VII. Nébulosité

A partir de 1901 la nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix*. *Zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève* aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard* trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois, observations donne la moyenne diurne de la nébulosité représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXXII*, la *nébulosité* ou l'état du ciel

est exprimée de deux façons pour les deux stations : à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs*, *peu nuageux*, *très nuageux* et *couverts*. Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité s'exprime par un certain nombre des onze chiffres qui représentent la nébulosité : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5 aux jours peu nuageux ; 6 et 7 aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10 aux jours couverts.

XXXII. Nébulosité. 1902.

Période.	Genève					Saint-Bernard				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts	Nébulosité moyenne
Déc. 1901.	3	3	7	18	7,5	14	3	3	11	4,5
Janv. 1902.	3	8	1	19	7,3	20	1	5	5	3,1
Février....	0	4	1	23	8,7	7	2	10	9	5,7
Mars......	7	6	0	18	6,5	12	4	0	15	5,3
Avril......	3	8	3	16	6,8	3	7	4	16	6,7
Mai.......	3	3	9	16	7,2	3	7	5	16	6,8
Juin......	7	5	7	11	5,9	4	9	8	9	5,8
Juillet...	14	7	5	5	3,7	15	5	4	7	3,9
Août.....	8	6	9	8	5,5	6	9	4	12	5,9
Septembre.	6	10	5	9	5,6	7	10	6	7	5,0
Octobre...	0	5	7	19	7,9	8	7	5	11	5,4
Novembre.	1	4	3	22	8,4	15	3	2	10	4,1
Décembre..	0	4	0	27	8,9	8	10	6	7	4,8
Hiver....	6	15	9	60	7,8	41	6	18	25	4,4
Printemps.	13	17	12	50	6,8	18	18	9	47	6,3
Eté.......	29	18	21	24	5,0	25	23	16	28	5,2
Automne..	7	19	15	50	7,3	30	20	13	28	4,8
Année mét.	55	69	57	184	6,7	114	67	56	128	5,2
» civile	52	70	50	193	6,8	108	74	59	124	5,2

Le *tableau XXXIII* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées

par Plantamour et multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée. A *Genève*, l'année a été plus nébuleuse que la précédente, qui déjà dépassait la moyenne. Cet excès de nébulosité est assez fort pour l'année ; il se présente, du plus au moins à toutes les saisons et seuls les mois de décembre 1901, janvier et juillet sont plus clairs que la moyenne.

XXXIII. ÉCARTS DE LA NÉBULOSITÉ. 1902.

PÉRIODE	GENÈVE	SAINT-BERNARD
Décembre 1901	– 0,8	0,0
Janvier 1902.........	– 0,6	– 1,9
Février.............	+ 2,0	+ 0,4
Mars...............	+ 0,4	– 0,6
Avril...............	+ 1,0	0,0
Mai............. ..	+ 1,4	– 0,1
Juin................	+ 0,5	– 0,7
Juillet.............	– 0,7	– 1,6
Août...............	+ 0,8	+ 0,1
Septembre...........	+ 0,7	– 0,8
Octobre............	+ 1,0	– 0,7
Novembre...........	+ 0,5	– 1,3
Décembre...........	+ 0,6	+ 0,3
Hiver...............	+ 0,2	– 0,5
Printemps...........	+ 0,9	– 0,2
Été.................	+ 0,2	– 0,7
Automne	+ 0,7	– 1,0
Année météorol......	+ 0,5	– 0,6
Année civile.........	+ 0,6	– 0,6

Au *Grand Saint-Bernard* on constate le phénomène inverse : l'année est moins nébuleuse que la moyenne, les saisons sont aussi toutes plus claires que la moyenne et les mois trop nébuleux sont au nombre de trois seulement : février, août et décembre 1902. Le mois le plus nébuleux, relativement, est février aux deux sta-

tions. Le moins nébuleux, relativement, est décembre 1901 à Genève et janvier au Grand Saint-Bernard.

XXXIV. Brouillard. GENÈVE, 1902.

PERIODE	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1901 ...	0	2	2
Janvier 1902......	4	1	5
Février	0	6	6
Mars	0	1	1
Avril	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	3	3
Septembre	0	2	2
Octobre	0	1	1
Novembre	1	3	4
Décembre	1	6	7
Annee metéorol...	5	19	24
Année civile	6	23	29

A propos du *brouillard*, auquel correspond le tableau XXXIV, j'ai à faire une REMARQUE GÉNÉRALE. Lorsque je rédigeais le résumé précédent, j'avais été frappé du très grand nombre de jours de brouillard enregistrés et de l'excès répété du total annuel sur le chiffre moyen de 33 jours de brouillard auquel on doit s'attendre d'après Plantamour. Je me suis aperçu alors que, depuis de longues années, on notait dans les résumés mensuels comme *jours de brouillard* non seulement les jours où le brouillard règne réellement à Genève, mais aussi ceux où Genève est sous une calotte de nuages bas sans être dans le nuage même. Ces jours-là doivent être comptés comme jours de *brouillard élevé*[1] et non comme

[1] C'est le « stratus » de la classification des formes de nuages adoptée par la Conférence météorologique internationale de 1891.

jours de brouillard proprement dit. De cette façon on rentre dans la définition donnée par Plantamour[1] et cette notation a été reprise dès le mois de novembre 1902. A partir de ce mois-là les résumés mensuels font de nouveau la distinction entre *brouillard* proprement dit et *brouillard élevé*. Pour les mois précédents de 1902, il a fallu recourir au registre même des observations pour établir le nombre de jours de vrai brouillard. Il serait trop long de faire la rectification détaillée ici, car si l'on compare les nombres du tableau XXXIV aux totaux que l'on obtiendrait en additionnant les jours de brouillard notés sur les tableaux mensuels, on trouverait des chiffres très discordants. C'est ainsi que nous arriverions à trouver, pour 1902, 78 jours de brouillard dans l'année météorologique et 84 dans l'année civile. Les nombre réels, 24 et 29, sont bien inférieurs et sont même inférieurs à la moyenne de Plantamour. En réalité, il y a eu peu de jours de brouillard en 1902 à Genève et surtout peu de jours de brouillard continu.

[1] Plantamour dit en substance dans son « Climat de Genève », p. 177-178 : « La notation de brouillard n'est appliquée que dans les cas où la condensation de la vapeur a lieu à la surface même du sol, et en excluant par conséquent tous les jours, très fréquents à Genève à la fin de l'automne et au commencement de l'hiver, où le niveau inférieur de la couche de nuages est très peu élevé, à deux ou trois cents pieds seulement au-dessus du lac, mais où il ne s'abaisse pas jusqu'au sol. Cette distinction a de l'importance non pas au point de vue de l'obstacle plus ou moins grand qu'un pareil écran peut opposer au passage des rayons du soleil, suivant que la couche de nuages est un peu plus, ou un peu moins élevée, mais au point de vue de l'état hygrométrique ; tant que la condensation a lieu à une certaine hauteur au-dessus de la surface du sol, l'air des couches superficielles n'est pas saturé, tandis que la saturation a lieu dans les cas de brouillard ».

Lorsque nous établirons une nouvelle climatologie de Genève, cette question du brouillard devra être reprise et les chiffres publiés dans une trentaine de résumés seront rectifiés par une étude détaillée des registres originaux.

VIII. Durée d'insolation

Le *tableau XXXV* permet de suivre heure par heure la *marche diurne de la durée d'insolation* pour les treize mois, les saisons et l'année météorologique et civile 1902, la sixième durant laquelle a fonctionné l'héliographe. Il donne, dans ses deux dernières colonnes, la durée totale d'insolation en heures et les moyennes diurnes d'insolation pour les mêmes périodes. Il résulte de ces chiffres que le minimum absolu et relatif d'insolation tombe sur les mois de décembre 1901 et de novembre 1902 puis surtout sur le mois de décembre 1902. Le maximum tombe sur le mois de juillet. Le total général d'insolation de l'année (météorologique), est inférieur à celui des années 1901 et 1898 et surtout inférieur à ceux de 1900 et 1899. Il n'est supérieur qu'au total de 1897.

Le *tableau XXXVI* permet d'apprécier la différence de la durée d'insolation entre le matin et l'après midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire vrai, les périodes d'insolation *théoriques* sont égales ; les périodes *réelles* sont sensiblement différentes. Elles sont représentées dans le tableau, ainsi que la différence soir — matin, de deux façons différentes : en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

La prédominance de l'insolation dans l'après-midi

XXXV. Marche diurne de la durée d'insolation. GENÈVE, 1902.

PÉRIODE	MATIN 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	SOIR 12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	Durée d'insolation	Moyenne diurne
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1901	—	—	—	—	2,1	7,8	7,3	7,3	7,3	6,8	3,2	—	—	—	41,8	1,35
Janv. 1902	—	—	—	1,1	4,7	7,8	6,0	10,2	10,6	10,7	6,8	0,1	—	—	58,0	1,87
Février ..	—	—	—	0,9	1,7	2,1	3,7	6,3	8,6	8,3	6,3	2,3	—	—	40,2	1,44
Mars.....	—	—	3,6	9,5	13,8	15,3	16,0	15,6	16,9	15,2	11,5	10,4	1,2	—	129,0	4,16
Avril....	—	4,9	11,2	15,2	16,7	18,3	17,6	18,2	15,6	15,8	15,7	11,3	4,7	0,3	165,5	5,52
Mai	1,2	6,1	7,4	11,7	11,2	12,1	13,2	14,7	13,0	11,5	8,8	11,6	9,9	3,3	135,7	4,38
Juin.....	5,3	14,9	15,5	15,8	18,5	18,9	19,9	19,2	21,6	18,1	16,1	14,9	14,4	9,8	222,9	7,43
Juillet ...	6,8	22,9	25,2	24,7	26,2	24,1	23,5	23,5	24,7	22,4	20,7	20,3	19,4	12,0*	296,4	9,56
Août	1,2	12,3	16,3	19,2	20,4	17,8	17,4	20,8	21,7	20,5	19,6	16,9	15,4	5,2	224,7	7,25
Septembre	—	0,3	6,6	12,7	15,4	17,8	19,7	20,1	21,3	20,8	21,5	17,4	5,9	—	179,5	5,98
Octobre ..	—	—	1,2	3,7	5,0	6,0	8,3	12,1	15,6	10,4	11,1	4,5	—	—	77,9	2,51
Novembre	—	—	—	1,4	3,5	4,2	4,6	6,5	6,5	7,1	5,1	1,7	—	—	40,6	1,35
Décembre	—	—	—	—	1,5	5,2	5,5	5,4	4,1	2,4	0,2	—	—	—	24,3	0,78
Hiver....	—	—	—	2,0	8,5	17,7	17,0	23,8	26,5	25,8	16,3	2,4	—	—	140,0	1,56
Printemps	1,2	11,0	22,2	36,4	41,7	45,7	46,8	48,5	45,5	42,5	36,0	33,3	15,8	3,6	430,2	4,68
Été	13,3	50,1	57,0	59,7	65,1	60,8	60,8	63,5	68,0	61,0	56,4	52,1	49,2	27,0*	744,0	8,09
Automne.	—	0,3	7,8	17,8	23,9	28,0	32,6	38,7	43,4	38,3	37,7	23,6	5,9	—	298,0	3,27
Année mét.	14,5	61,4	87,0	115,9	139,2	152,2	157,2	174,5	183,4	167,6	146,4	111,4	70,9	30,6*	1612,2	4,42
» civ.	14,5	61,4	87,0	115,9	138,6	149,6	155,4	172,6	180,2	163,2	143,4	111,4	70,9	30,6*	1594,7	4,37

* Dont h. 0,3 entre 7 et 8 h. soir.

est très caractérisée pour presque tous les mois de l'année. Les circonstances sont cependant renversées, mais faiblement, pour les mois d'avril, de juillet et, ce qui est assez particulier, pour le mois de décembre 1902.

XXXVI. Durée d'insolation avant et après midi.
GENÈVE, 1902.

Période	MATIN		SOIR		DIFFÉRENCE Soir—Matin	
	nombre d'heures	%	nombre d'heures	%	nombre d'heures	%
Décembre 1901	17,2	41,1	24,6	58,9	+ 7,4	+ 17,8
Janvier 1902 .	19,6	33,8	38,4	66,2	+ 18,8	+ 32,4
Février......	8,4	20,9	31,8	79,1	+ 23,4	+ 58,2
Mars........	58,2	45,1	70,8	54,9	+ 12,6	+ 9,8
Avril........	83,9	50,7	81,6	49,3	− 2,3	− 1,4
Mai.........	62,9	46,4	72,8	53,6	+ 9,9	+ 7,2
Juin	108,8	48,8	114,1	51,2	+ 5,3	+ 2,4
Juillet.......	153,4	51,8	143,0	48,2	− 10,4	− 3,6
Août........	104,6	46,6	120,1	53,4	+ 15,5	+ 6,8
Septembre ...	72,5	40,4	107,0	59,6	+ 34,5	+ 19,2
Octobre......	24,2	31,1	53,7	68,9	+ 29,5	+ 37,8
Novembre....	13,7	33,7	26,9	66,3	+ 13,2	+ 32,6
Décembre....	12,2	50,2	12,1	49,8	− 0,1	− 0,4
Hiver	45,2	32,3	94,8	67,7	+ 49,6	+ 35,4
Printemps ...	205,0	47,7	225,2	52.3	+ 20,2	+ 4,6
Eté	366,8	49,3	377,2	50,7	+ 10,4	+ 1,4
Automne	110,4	37,0	187,6	63,0	+ 77,2	+ 26,0
Année météor.	727,4	45,1	884,8	54,9	+157,4	+ 9,8
Année civile..	722,4	45,3	872,3	54,7	+149,9	+ 9,4

Le *tableau XXXVII* a été constitué comme les années précédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par M. Billwiller[1]. Celui-ci avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est à peu de chose près

[1] *Archives*, 1889, t. XXI, p. 404.

égale au rapport entre les heures de non-insolation ($t—i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

XXXVII. Comparaison de la durée de non-insolation a la nébulosité moyenne. GENÈVE 1902.

Période	Durée théorique d'insolation t	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$	Nébulosité moyenne	Différence
	h			
Décembre 1901	270	8,5	7,5	+ 1,0
Janvier 1902...	282	7,9	7,3	+ 0,6
Février.......	291	8.6	8,7	- 0,1
Mars.........	371	6,5	6,5	0,0
Avril.........	408	5,9	6,8	- 0,9
Mai..........	465	7,1	7,2	- 0,1
Juin..........	471	5,3	5,9	- 0,6
Juillet........	475	3,8	3,7	+ 0,1
Août.........	437	4,9	5,5	- 0,6
Septembre.....	375	5,2	5,6	- 0,4
Octobre.......	338	7,7	7,9	- 0,2
Novembre.....	284	8,6	8,4	+ 0,2
Décembre.....	270	9,1	8,9	+ 0,2
Hiver	843	8,3	7,8	+ 0,5
Printemps.....	1244	6,5	6,8	- 0,3
Eté	1383	4,6	5,0	- 0,4
Automne......	997	7,0	7,3	- 0,3
Année météor.	4467	6,4	6.7	- 0,3
Année civile...	4467	6,4	6,8	- 0,4

Les colonnes du tableau XXXVII s'expliquent ainsi facilement. Dans la deuxième, le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par 10 afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période dont les valeurs ont été empruntées au tableau XXXII. Il ressort, cette année, de la dernière colonne du tableau que la relation est exacte pour un grand nombre de mois de l'an-

née. Pour d'autres, elle est seulement approchée. Les écarts sont en grande majorité négatifs ; ils ne sont positifs que pour les mois froids et légèrement pour le mois de juillet. Pour l'année entière l'écart est de — 0.3 et de — 0.4. L'écart maximum positif correspond au mois de décembre 1901 ; l'écart maximum négatif au mois d'avril.

Par le fait de la maladie de M. Marc Micheli, l'enregistreur d'insolation installé sur la terrasse du château du Crest, à Jussy, n'a fourni de résultats qu'au commencement de l'année. Ces résultats sont d'ailleurs entachés de la même erreur que ceux de l'année précédente. L'instrument a été réparé à la fin de l'année par les soins de M. Jules Micheli et il fonctionne à nouveau depuis décembre 1902.

Voici les quelques durées d'insolation obtenues cette année ; elles sont tantôt plus, tantôt moins longues que celles de l'observatoire :

		h.		h.
Décembre	1901	43.0	Mars 1902	121.8
Janvier	1902	50.4	....	
Février		44.3	Décembre	28.0

COMPTE RENDU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 5 juin 1903.

G. Ritter. L'utilisation des eaux d'égoûts et des rablons de la ville de Neuchâtel. — F. de Rougemont. Catalogue des lépidoptères du Jura. Observations entomologiques. — H. Schardt. Le parallélisme des assises du Dogger dans le Jura.

M. G. Ritter, ingénieur, expose un plan d'*utilisation des eaux d'égoûts et des rablons* de la ville de Neuchâtel pour fertiliser les terrains du Seeland ou du Landeron.

M. F. de Rougemont présente à la Société la deuxième partie de son *Catalogue des lépidoptères du Jura*, qui paraîtra dans le Bulletin.

M. de Rougemont fait part ensuite de certaines *observations entomologiques.*

1° A propos de *Chilosia Dombressonensis* (v. *Arch.* 1899, VII, 173). La larve de ce diptère n'a plus été retrouvée à Dombresson. En revanche, M. Schaffter en a de nouveau trouvé une douzaine à la montagne de Moutier en juillet 1900 et les a confiées à M. de Rougemont pour l'élevage. Les larves qui réussirent éclosaient toutes déjà quelques semaines plus tard, les 25, 26 et 28 août. Tous ces exemplaires présentèrent une coloration des ailes différente de celle décrite dans la précédente communication. En effet, au milieu du disque de l'aile, près de la côte antérieure, on remarque trois petites taches noirâtres disposées en

triangle se détachant sur une ombre brune, tandis que dans le premier exemplaire décrit les ailes étaient uniformément transparentes. Cette différence s'explique par le fait que ces taches n'apparaissent qu'au bout de plusieurs heures, sinon même d'un jour entier.

2° A propos de la noctuelle signalée par M. de Rougemont (v. *Arch.* 1899, VIII, 423). Ce papillon, inconnu à Staudinger lui-même, devait avoir été pris à une lampe électrique de Neuchâtel, mais il planait encore quelques doutes sur son origine. Dès lors, M. de Rougemont se livra à une enquête plus serrée, qui démontra que ce papillon a, en effet, été pris à Neuchâtel. Restait la possibilité d'un cocon exotique éclos par hasard dans notre ville. Mais toutes les recherches faites dès lors, grâce à l'obligeance de M. Püngeler en Allemagne et jusqu'au British Museum, ont établi que cette noctuelle n'est pas plus connue en Amérique ou ailleurs que chez nous. Elle a été décrite comme espèce nouvelle dans le Catalogue des lépidoptères du Jura, sous le nom d'*Amphipyra satinea.*

3° M. Paul Robert, au Ried sur Bienne, vient de faire encore plusieurs découvertes intéressantes. Il a capturé l'été dernier, au réflecteur, une *Coradina pulmonaris* (Esp.) espèce à peine signalée en Suisse. Ce printemps, au mois de mars, il prit sur les chatons du saule marceau une superbe noctuelle, toute nouvelle pour la faune jurassique, *Valeria jaspidea* (Vill.), ainsi que la modeste *Orthosia ruticilla* (Esp.), qui n'est signalée en Suisse que par E. Favre, au Valais. Enfin il a capturé l'été dernier une eupithécie dont Dietze lui-même écrivait que si elle eût été trouvée au Caucase, on en ferait sans hésiter une *species nova*. Ce serait, d'après lui, une aberration étrange de *Eupithecia cauchiata.*

M. H. Schardt rend compte des premiers résultats de ses recherches sur le *parallélisme des assises du Dogger dans le Jura neuchâtelois et vaudois*. En comparant la coupe très complète du Dogger entre les Convers et la Vue des Alpes avec celle de Tête de Rang - Combe des Cerguets,

on arrive à tracer avec une précision suffisante les limites des divers étages, surtout en ce qui concerne la limite entre le Bathonien et le Bajocien qui jusqu'à présent avait été tracée très diversément. La découverte du *Stephanoceras Humphriesi* dans les calcaires à polypiers supérieurs de Crêt Meuron, sur la route de la Vue des Alpes, fournit un jalon très sûr quant à la position de ces assises que Jaccard avait déjà placées dans le Bajocien, à l'instar de la classification adoptée dans le Jura français ; toutefois, il semblait que l'âge de ces terrains était plutôt celui du Bathonien inférieur. Cette question est aujourd'hui tranchée. Comparant ensuite cette succession d'assises avec celle du Furcil, celle du flanc NW du Chasseron, et surtout avec la série visible dans le haut du vallon de la Baulmine, au pied du Mont Suchet, on acquiert la certitude qu'une grande partie des assises classées par M. Rittener dans le Bathonien sont réellement du Bajocien, notamment toute la série des calcaires à polypiers, des calcaires siliceux gris-bleus, etc. des Combettes et de Grange Meuve. Les assises les plus inférieures de cette dernière localité, que M. Rittener classe dans le Bajocien supérieur, appartiennent à la base de cet étage et doivent être immédiatement superposées au Lias. Loin d'être difficile, le parallélisme des assises peut aujourd'hui, au contraire, être établi sûrement, grâce à l'extension horizontale considérable de certains faciès ; il suffit de pouvoir se baser sur une succession complète et ininterrompue allant du Lias au Callodien, comme celle des Convers à la Vue des Alpes, dont M. Rollier a déjà donné une coupe complète.

Assemblée générale du 20 juin, aux Brenets.

O. Fuhrmann. La pisciculture dans le canton de Neuchâtel. — F. de Rougemont. Les pluies de chenilles. — L. Arndt. Le degré de précision des résultats déduits des observations des chronomètres de poche. — H. Schardt. L'origine du lac des Brenets.

O. Fuhrmann. *La pisciculture dans le canton de Neuchâtel.* De tous les cantons de la Suisse romande, c'est certai-

nement le gouvernement du canton de Neuchâtel qui s'occupe le plus du repeuplement des eaux pour arrêter la diminution plus ou moins rapide de la richesse de notre lac et de nos rivières.

Le dépeuplement a ses causes dans les corrections des eaux qui détruisent les frayères, empêchent la ponte et dérangent les poissons dans leurs habitudes ; l'industrie versant ses déchets dans l'eau, les empoisonne plus ou moins fortement, tue leur nourriture ou leur soutire leur élément par des prises d'eau. La pêche excessive, sans souci de l'avenir, a également contribué à la diminution rapide de la richesse de nos eaux, diminution contre laquelle la nature ne peut lutter sans l'aide de l'homme. Le seul moyen de lutter efficacement est d'établir la pisciculture sur une grande échelle.

De 1899 à 1903, l'Etat a mis dans le lac et les rivières du canton 1 120 000 alevins de truites, 45 000 alevins d'ombles-chevaliers, 4 476 000 alevins de palées et 169 900 alevins de bondelles.

Les effets de la mise à l'eau de jeunes poissons se sont déjà montrés dans le Seyon, auparavant sans truites, qui maintenant est un ruisseau d'une richesse remarquable. De même l'Areuse, qui pendant un certain temps était très pauvre en truites, commence de nouveau à donner des résultats annuels de pêche dont la valeur doit être évaluée à 100 000 francs, représentant ainsi le revenu d'une fortune d'environ fr. 3 000 000. Cette somme se répartit, naturellement très irrégulièrement, entre 472 pêcheurs de truites.

Ces chiffres nous montrent que nos eaux représentent une fortune nationale assez considérable pour qu'on s'occupe de leurs habitants.

L'Etat possède trois établissements de pisciculture, qui se trouvent à Môtiers, Cernier et au Peyrvon. Ce dernier, construit l'année passée, d'après nos indications, pour remplacer l'établissement de Chanélaz, peut incuber facilement 4 500 000 œufs de palées et 500 000 œufs de truites.

M. le pasteur F. de Rougemont présente une communi-

cation sur ce sujet : *Les pluies de chenilles.* Il ne s'agit pas ici de la subite et extrême abondance avec laquelle telle espèce de chenille apparaît tout-à-coup, se répandant sur telle localité ou même sur un pays tout entier et devenant ainsi parfois une véritable fléau. Ainsi les fameuses invasions de « nonnes » (*Liparis monaca*) dans les forêts d'Allemagne il y a une douzaine d'années. Nous avons à nous occuper d'un phénomène bien plus étrange et en apparence réellement inexplicable. En plein hiver, alors que le sol est recouvert d'une épaisse couche de neige (jusqu'à 3 et 4 dm.) et, le plus souvent, après de violents vents du sud, la surface de la neige se trouve parfois recouverte sur de vastes espaces d'innombrables larves d'insectes. Ce phénomène déjà observé au moyen-âge était envisagé comme un funeste présage, annonçant la guerre, la peste et toutes sortes de catastrophes. Dans les temps modernes, de semblables « pluies de chenilles » ont été signalées à diverses reprises : déjà par de Geer, en Suède et en France, en 1752 ; puis en Suisse, à Wohlen (Berne) et Mollis (Glaris) le 30 janvier 1856 ; puis par Louis Favre, aux Ponts, le 2 février 1866 (voir Bulletin, t. 7. p. 304) ; enfin aux Eplatures, vers 1890 et à la Sagne ainsi qu'au canton de Vaud cette année même, en février.

Les savants de cabinet, en présence de cet étrange phénomène, survenant au gros de l'hiver alors que tout dort chez nous, l'expliquaient comme on explique les pluies de cendres volcaniques : des cyclones et des tornades auraient arraché ces insectes aux arbres des Antilles et les auraient laissé retomber en pluie sur nos hauts pâturages. Mais cette hypothèse examinée de plus près, devient absolument insoutenable. D'abord ces larves ne sont point des larves d'insectes exotiques, mais toujours des larves de coléoptères et lépidoptères indigènes. Ensuite, ce sont toutes des espèces vivant sur ou dans le sol et non point sur les arbres. Il faut donc chercher une autre explication La plus nombreuse de ces larves étant celle du coléoptère *Telephorus fuscus*, laquelle vit dans le sol et se nourrit de racines, Oswald Herr pensait que toutes ces larves prove-

naient des racines de sapins arrachées par la tempête ; mais les quelques faibles parcelles de sol ainsi arrachées ne sauraient contenir ces innombrables bataillons de larves. D'ailleurs les vraies chenilles signalées parmi elles, vivent non point dans les racines des arbres, mais simplement dans le gazon (*Agrotis pronuba, Hadena rurea, Grammesia trilinea*, etc.). L'hypothèse qui paraît la moins impossible à M. de Rougemont, bien qu'il ne s'en dissimule pas les côtés faibles, est la suivante : les vents chauds faisant fondre la neige alors que le sol est encore gelé, les chenilles et larves qui se tiennent à la surface fuyant l'inondation subite, percent la couche de neige qui les recouvre. Arrivées à la surface, elles sont balayées par le vent et amoncelées.

Il est malheureusement difficile d'étudier de près ce phénomène, car en quelques heures déjà les corbeaux ont dévoré toutes les larves et on a bien de la peine à en recueillir encore quelques-unes. Cependant on a remarqué — et c'est un détail qui semble confirmer la théorie de M. de Rougemont — que ces réchappées ont grande hâte de rentrer en terre sitôt qu'on leur en fournit l'occasion.

M. de Rougemont ne prétend pas avoir résolu le problème et n'a voulu que le circonscrire en écartant les malentendus et les explications fantaisistes admises jusqu'ici, et il termine en engageant tous les amis de l'histoire naturelle à diriger leurs recherches de ce côté quand ils se trouveront en présence de cet intéressant et curieux phénomène.

M. le D[r] Arndt présente un travail sur le *degré de précision des résultats déduits des observations des chronomètres de poche.*

Dans la pratique de l'Observatoire, il arrive de temps en temps qu'un chronomètre de poche dépasse légèrement les limites fixées par le règlement pour les observations des chronomètres. Mais, comme toutes les observations, celles des chronomètres sont affectées d'erreurs d'observations qui sont plus ou moins grandes suivant

l'exercice de l'observateur et suivant le genre de l'échappement. La première question qui se pose est celle-ci : Quelle est, sans entrer dans l'arbitraire, la limite de tolérance pour les différents éléments du réglage?

D'autre part, les observations des chronomètres sont condensées par le calcul dans un résumé qui exprime dans son ensemble la qualité du chronomètre. Il se pose cette seconde question : Jusqu'à quelle fraction de seconde peut-on pousser le calcul sans sortir de la réalité? En appliquant la théorie des erreurs à ces cas spéciaux, M. Arndt établit cette limite de tolérance et trouve que même en admettant des erreurs de deux dixièmes de seconde pour chaque observation, il n'est pas exagéré d'indiquer les centièmes de seconde dans le résumé d'un bulletin de marche d'un chronomètre de poche.

M. le prof. H. Schardt fait une communication sur *l'origine du lac des Brenets*, que nos voisins de France nomment lac de Chaillexon. Ce lac occupe parmi le grand nombre des lacs du Jura une situation tout à fait exceptionnelle. Ceux-ci sont presque tous des lacs de « combe », situés dans les vallées longitudinales et présentent une forme très simple ; tels les lac des Taillières, de Joux, de l'Abbaye de Grand'Vaux ou encore le lac de St-Point. Les uns doivent leur existence au fait que les passages souterrains absorbant les eaux de ces vallées se sont obstrués totalement ou partiellement. L'eau a dû s'élever jusqu'au moment où son niveau a atteint la hauteur d'un nouveau déversoir, soit superficiel, soit souterrain. De cette manière doit s'expliquer la formation des trois premiers de ces lacs, tandis que celui de St-Point semble avoir plutôt une origine morainique combinée peut-être avec des influences tectoniques (enfoncement de la vallée). Le lac des Brenets frappe tout d'abord par sa forme. Il occupe visiblement un sillon d'érosion, une gorge fluviale, dont il suit tous les méandres jusqu'au barrage qui retient ses eaux. A l'aval de celui-ci, l'aspect de la gorge ne change pas. Ce barrage semble avoir été posé là après que la vallée d'éro-

sion fut achevée telle que nous la voyons aujourd'hui. Cela ressort aussi de la configuration du fond du lac. Le profil en long construit d'après les sondages de M. Delebecque, ingénieur hydrographe français, montre que la déclivité du sol sous-lacustre jusqu'au barrage présente une pente assez uniforme jusqu'au point où, en amont du barrage, se trouve un entonnoir. Son prolongement à travers le barrage atteint la hauteur de plusieurs sources qui sont manifestement des fuites souterraines du lac. Il est probable que sans la forte épaisseur d'alluvion accumulée sur le fond du lac, le sol rocheux de celui-ci aurait une déclivité presque égale à celle du Doubs en aval du barrage. L'existence des fuites explique en tout cas l'énorme variabilité du niveau du lac des Brenets, qui est de 17 m.; son niveau peut aller de $2^{m}20$ à $19^{m}39$ au-dessus du zéro de l'échelle limnimétrique, celui-ci étant à $13^{m}70$ au-dessous du niveau moyen. Pour cela le lac se raccourcit de presque un tiers de sa longueur et sa superficie de même. Celle-ci n'est d'ailleurs, en eau moyenne, que de 5,8 ha. Quant au volume, il devient moins d'un tiers (5 651 000 m^{3} en eau moyenne). Alors le seuil du barrage dépasse de $11^{m}50$ le niveau du lac et tout l'écoulement se fait souterrainement.

M. Delebecque avait admis, en se basant sur l'existence d'un entonnoir en amont du barrage, que c'est par cet entonnoir que toute l'eau du Doubs avait dû s'écouler primitivement et que l'obstruction partielle de cet entonnoir aurait créé le lac des Brenets. Divers faits fort apparents s'opposent à cette hypothèse. Lorsqu'on suit le chemin venant des Brenets, on longe avant d'arriver au poste douanier du Saut du Doubs, une colline formée entièrement de décombres, qu'il n'est pas difficile de reconnaître pour un grand amas d'éboulement. Elle se place en travers du lit du lac et celui ci forme un petit golfe, le Cul de la Conche, comme s'il y avait eu là un ancien émissaire. Sur la rive française, on voit de plus qu'une masse rocheuse se place également en travers du lac. Elle n'est pas en place, car ses bancs plongent fortement vers l'Est, alors que les couches formant les berges plongent légère-

ment vers l'ouest. C'est évidemment une corniche affaissée d'une seule masse. Elle est d'ailleurs entièrement fissurée et c'est à travers cette masse rocheuse que filtre l'eau des sources jaillissant sous le seuil. De plus, à l'emplacement où se trouve ce seuil — qu'il faut nommer barrage du lac — la gorge est, de part et d'autre, fortement élargie. Si c'était là l'emplacement d'un ancien passage souterrain, la vallée devrait, au contraire, être plus étroite en raison de la moindre action superficielle de l'érosion.

L'hypothèse que formule M. Schardt est que *le lac des Brenets s'est formé sur l'emplacement d'une partie de la gorge du Doubs, autrefois ouverte et à pente uniforme, par la chute de un, probablement de deux éboulements. La fuite souterraine est due à la perméabilité du barrage*. Cette dernière circonstance sera un sérieux obstacle à l'utilisation de ce seuil pour la création d'une force motrice hydraulique.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance extraordinaire du 16 mai 1903.

F.-A. Forel. La pêche de la féra dans le Léman. — A. Vautier-Dufour. Téléphotographie. — E. Chuard. Contribution à la chimie des vins.

M. F.-A. Forel. *La pêche de la féra dans le Léman.*

M. F.-A. Forel résume les notes qui lui ont été communiquées par MM. Lugrin frères, marchands de poissons à Genève, sur leurs achats auprès des pêcheurs du Léman.

D'après ces chiffres, la pêche de la féra a subi une diminution considérable dans ces dernières années. Les achats de MM. Lugrin ont été :

1899	115 000 kg.	à fr. 1,10	le kilo.
1900	104 000 »	1,15	»
1901	31 000 »	1,15	»
1902	17 000 »	1,70	»

Ce n'est pas que les marchés faits avec les pêcheurs aient été moins nombreux ou moins productifs, car dans ces mêmes années, de 1899 à 1902, les achats des autres espèces de poissons se sont tous accrus :

Pour la truite, de.	3 950 kg.	à	5 880 kg.
» l'omble-chevalier, de. .	12 000 »		20 800 »
» la perche, la lotte et le brochet, ensemble. .	22 000 »		54 100 »

Donc ce n'est pas l'activité des pêcheurs qui a été en faute; ce sont les réserves des féras qui ont été épuisées par la pêche inconsidérée qui en a été faite depuis 1896 par l'emploi du filet connu sous le nom de *grand-pic.*

La féra est le poisson de grande pêche, de pêche industrielle et économique. La diminution du produit de cette pêche est un malheur pour la classe des pêcheurs et pour l'économie publique. La situation est donc sérieuse.

On peut poser les thèses suivantes :

1° Le poisson du lac est bon pour être pêché par l'homme. Tant que la pêche n'est pas destructive, elle ne doit pas être restreinte.

2° Une pêche qui amène la destruction d'une espèce de poisson de valeur économique doit être modérée ou compensée par d'autres procédés.

3° Il y a dans la matière organique dissoute dans l'eau du lac, et dans le plancton (micro-organismes animaux et végétaux qui flottent dans l'eau), une réserve inépuisable pour la production du poisson, et particulièrement des espèces pélagiques insectivores, comme la féra et la gravanche.

4° On peut lutter contre la diminution de la féra et autres corégones en favorisant la multiplication de jeunes poissons de ces espèces, et cela par divers procédés :

a) Avant tout, en allongeant la durée de protection en temps de frai, protection qui a été raccourcie abusivement par les règlements internationaux récents ;

b) En produisant en pisciculture des alevins de féra (la pisciculture de Thoune a réussi à en élever) et de gravanche) ;

c) En introduisant dans le lac des alevins d'autres espèces, des corégones plus faciles à élever : marène, lavaret, bondelle, palée.

5° L'Etat, dont la passivité imprudente a permis la consommation du désastre, doit intervenir — lui seul le peut efficacement pour ramener la prospérité de l'industrie de la pêche dans le Léman.

M. le Président met en circulation les épreuves d'une série d'instantanés de l'éclipse de lune du 11 avril, pris par M. Vautier-Dufour au moyen de son *téléphot*.

M. E. Chuard, professeur, présente la *statistique analytique des vins suisses, 2me année, vin de 1901*, publiée par la Société suisse des chimistes analystes, et fait ressortir les principales différences constatées entre les vins de 1900 et ceux de 1901. La statistique analytique des vins vaudois, effectuée par les soins des laboratoires de la Station viticole et du Contrôle des boissons et denrées, a ceci de particulier que chaque année les échantillons analysés proviennent de la même récolte, logée dans les mêmes conditions. De cette façon, on obtient une double statistique, dans l'espace et dans le temps, et chaque viticulteur qui envoie ses échantillons régulièrement à l'analyse se constitue une série de dates analytiques qui, dans quelques années, sera intéressante à consulter.

M. Chuard donne ensuite quelques indications concernant les vins obtenus au moyen des nouveaux pressoirs, à travail continu, comparés aux vins de pressoir ordinaire. Jusqu'ici les analyses donnent des chiffres très rapprochés; la seule différence appréciable consiste dans une proportion de tanin légèrement supérieure dans les vins de pressoir continu. Les détails de ces observations se trouvent dans la *Chronique agricole du canton de Vaud*, numéro de mai 1903.

Séance du 20 mai.

Arnold Porret. Plantes nouvelles pour le Jura. — F. Porchet. Influence du sulfate de cuivre sur la germination des céréales.

M. Arnold Porret, pasteur à Baulmes, signale la découverte de *plantes inconnues jusqu'ici dans le Jura vaudois.*

1° *Arabis auriculata* Lam. N'est pas mentionnée par Durand et Pittier dans leur *Catalogue de la flore vaudoise*, publié en 1882. Quant à Godet et à Rapin, ils la citent à Branson, au Salève, au Pas-de-l'Echelle et au Fort-de-l'Ecluse. La station de Baulmes est donc la plus au nord de celles connues. Cette plante existe en quantité et doit avoir existé de tous temps, dans les pentes ensoleillées,

exposées en plein midi, et buissonneuses des rochers dits de « Mistredam » (Monasterium Damae), au-dessus de Baulmes. Du reste, ces rochers, s'ils n'avaient jamais été explorés par des botanistes, l'avaient été par Ed. Mabille dont la collection d'objets préhistoriques sont en grande partie à Lausanne, ce qui fait qu'ils ne sont pas inconnus.

2° L'*Arabis saxatilis* All., connue çà et là dans les Alpes et dans le Jura aux mêmes lieux que la précédente, mais inconnue aussi, sauf erreur, au Jura vaudois.

3° Une nouvelle station pour le *Carex Halleriana Asso* (*C. gynobasis* Vill.), trouvé au Mormont et çà et là encore par des botanistes, et que l'auteur a découvert encore dans ces mêmes pentes.

Il y aura probablement encore d'autres plantes rares dans ces quelques endroits encore inexplorés.

Enfin M. Porret indique en passant que la *Genista decumbeus* Ait. (*G. Halleri* st. anct.), connue à Montcherand et Lignerolles, est aussi à Baulmes, et le *Sisymbrium austriacum* Sacey croît et prospère sur le talus des Six-Fontaines.

Ces indications ont été vérifiées par M. Vetter, traducteur de la flore de Gremli, cela afin d'éviter toute erreur.

M. Porret tient des exemplaires de ces plantes à la disposition des botanistes qu'elles peuvent intéresser.

F. Porchet. *Influence du vitriolage sur la germination des céréales.*

M. Porchet rappelle que pour combattre préventivement le *charbon* et la *carie* des céréales, on traite les semences de celles-ci par une solution de sulfate de cuivre à 0,5 °/₀. On a remarqué que les diverses céréales se comportent différemment avec un vitriolage trop prolongé; l'avoine, par exemple, germe beaucoup plus difficilement que le blé. On en a conclu que cette dernière céréale offre plus de résistance que la première à l'action intoxicante des sels de cuivre.

En réalité, ctte différence provient du fait que, en sortant de la batteuse, le grain de blé est complètement dépouillé

de ses enveloppes extérieures, tandis que celui d'avoine est emprisonné dans les glumelles encore fortement adhérentes. Pendant le vitriolage, cette enveloppe externe du grain d'avoine se gorge de sel cuprique qui, lors de la germination, exercera une action nuisible sur la radicelle dès sa sortie de la graine.

Pour vérifier la chose, M. Porchet a pris des lots de 100 grains de blé, 100 grains d'avoine ordinaire et 100 grains d'avoine ayant été préalablement dépouillés de leurs enveloppes. Une série de ces trois lots a été plongée dans de l'eau pendant vingt-quatre heures et servait de lot témoin ; une autre, dans une solution de sulfate de cuivre à 0,5 % pendant également vingt-quatre heures, puis tous les lots ont été semés sur du sable humide.

Voici les résultats de la germination :

Nombre de jours écoulés depuis l'ensemencement		8 jours.	28 jours
	Nombre de grains germés %		
Graines traitées à l'eau pendant 24 heures.	Avoine sans enveloppe...	76 %	85 %
	» avec enveloppe...	78	91
	Blé........................	68	74
Graines traitées au vitriol pendant 24 heures.	Avoine sans enveloppe...	46	60
	» avec enveloppe...	6	53
	Blé........................	35	57

On le voit, la présence des enveloppes a retardé considérablement la germination de l'avoine. En outre, les jeunes pieds d'avoine issus de graines avec enveloppes extérieures ne se développent pas et restent rabougris. Ceci ressort nettement du tableau suivant qui indique, dans les différents lots, le nombre de plantes normalement développées, vingt-huit jours après l'ensemencement.

Pour 100 grains, nombre de plantules ayant :

		Plus de 10 cm.	Moins de 10 cm.
Traitées à l'eau pendant 24 heures.	Avoine sans enveloppe	85	—
	» avec enveloppe	91	—
	Blé....................	74	—
Traitées au vitriol pendant 24 heures.	Avoine sans enveloppe.	40	20
	» avec enveloppe	—	53
	Blé....................	42	15

Une seconde expérience, avec un traitement de 60 h., a donné des résultats identiques.

Ces chiffres montrent nettement que l'avoine sans enveloppe n'est pas plus sensible aux sels de cuivre que le blé. Le retard provoqué dans la germination de la première de ces céréales, après traitement au vitriol, provient bien du fait que les radicelles sont gênées dans leur développement par la présence, autour du grain, d'enveloppes contenant des sels cupriques.

Assemblée générale du 20 juin à Caux-Palace.

Dr G. Krafft. La vie de la matière. — E. Félix. Identité de la variole et de la vaccine. — D.-E. Bugnion. Parties buccales de *Xylocopa violacea*. — D.-E. Yung. L'olfaction chez l'escargot. — F. A. Forel. Poussière éolienne.

Sous le titre : *Impressions de chimiste*, M. le Dr G. Krafft, président, présente une étude sur la vie de la matière.

L'auteur démontre d'abord que l'ancienne notion des trois règnes de la nature doit être remplacée par une formule plus rationnelle et plus logique établissant ce fait aujourdhui incontesté de la vie universelle de la matière. Il rappelle les idées des philosophes de l'antiquité et résume les arguments et les preuves de la science moderne en faveur de la vie de la matière.

De nombreux exemples classiques permettent de démontrer la présence de la vie, soit du mouvement, dans corps soi-disant bruts. Un des plus frappants est donné par M. Hartmann, qui étire une barre d'acier à froid et jusqu'à ce qu'il se produise un étranglement sur un point quelconque de la tige. La rupture est imminente. Mais M. Hartmann laisse au métal un temps de repos. Il recommence ensuite à étirer la tige qui s'étrangle alors à nouveau *sur un autre point*, jusqu'à rupture, inclusivement. L'être métal avait donc réagi durant le temps d'arrêt de la traction et les mélocules s'étaient empressées de prendre leurs précautions pour résister à la force ennemie, si

bien qu'à la seconde offensive, c'est sur un point non prévenu que l'attaque a dû se porter.

L'inertie de la matière brute se retrouve identique dans la matière vivante. La vie n'est pas un phénomène spontané, mais le résultat d'une provocation extérieure et en quelque sorte étrangère. L'être vivant n'agit pas, il réagit. Toute matière est inerte et irritable.

Puis l'auteur compare l'organisation merveilleuse du corps humain à l'organisation non moins merveilleuse du cristal et rappelle les expériences de Louis Pasteur, de Gernez, de Rauber montrant des cristaux brisés se réparant au sein d'une solution mère. Il étudie ensuite chez le cristal, la nutrition et la génération et montre comment le cristal se développe dans la solution de sa propre substance. Il « mange » la matière en solution. Il se l'incorpore et s'en accroît.

Le cristal n'est donc pas hors la loi. Lui aussi vibre, lui aussi est vivant, lui aussi a une famille et des ancêtres.....

M. G. Krafft termine son étude qui par sa forme revêt le caractère d'un discours, en faisant l'éloge du crital.

Laissons, dit-il, les faits s'accumuler, laissons agir le temps, laissons marcher la science. Mais ne rapetissons pas l'œuvre en la classifiant à l'excès. Notre vue est courte ; nous ne distinguons pas nettement. Ne parlons pas de trois règnes, alors qu'il n'y en a qu'un.

Supprimons ou du moins soyons plus sobres de ces mots, de matière brute, de matière morte, puisque nous commençons à voir que rien n'est brut, que rien n'est mort et qu'il n'y a, dans la nature, que des *statu-quo* apparents !...

Lorsque je te compare, pur cristal, aux autres merveilles de la nature, c'est pour t'admirer toujours plus, c'est pour t'aimer toujours mieux ! C'est aussi pour te défendre lorsqu'on t'accuse d'être mort, toi qui vis d'une vie si belle et si imposante au milieu de tant de fragiles existences.

Remplaçons l'antique *Memento mori* par un *Memento vivere;* souvenons-nous qu'il faut vivre et souvenons-nous

de la vie. Croyons à l'immortalité de la matière aussi bien qu'à celle de l'esprit qui n'est d'ailleurs qu'une matière non encore pondérable...

Très heureux d'être un homme, ajoute l'auteur en terminant, je ne crains pas la perspective d'être un jour un cristal et de regarder passer les fleurs, les papillons et les hommes.

M. Félix fait l'historique de la la question de *l'identité de la variole et de la vaccine*, question traitée et discutée dès le commencement du siècle dernier déjà sans qu'une solution soit intervenue. Deux écoles sont en présence : celles des unicistes qui, en se basant sur les résultats positifs obtenus par des expérimentateurs dans la variolation des bovidés, prétendent à l'identité des deux affections, et celle des dualistes qui, en s'appuyant sur les caractères différentiels de ces deux maladies chez l'homme, se prononcent en faveur de la dualité de ces dernières.

M. Félix s'est attaché à rechercher la cause réelle des divergences présentées par les deux théories et, tout en reconnaissant l'argumentation des dualistes fondées, dans un certain sens tout au moins, il s'appuie sur une de leur critique principale pour bien établir une observation de faits cliniques qui lui permet d'interpréter, d'une manière différente de celle admise jusqu'ici les caractères qui différencient le processus des deux affections, vaccine et variole, chez l'homme.

Par cette nouvelle interprétation, l'auteur est amené logiquement à conclure que le cow-pox doit son origine à la variole humaine.

M. le Dr E. Bugnion décrit les *parties buccales de l'abeille perce-bois* (Xylocopa violacea).

M. le Dr E. Yung, de Genève, présente le résultat de ses recherches sur le *sens de l'olfaction chez l'escargot*.

M. F.-A. Forel fait circuler deux échantillons presque identiques : l'un de la *poussière éolienne* recueillie sur un

balcon à Montreux le 27 mai dernier par M. H. Messaz ; l'autre, la poussière qui formait, le 30 mai, devant Morges, les taches jaunâtres de la fleur du lac, cette dernière desséchée et triturée.

L'une et l'autre sont composées presque uniquement du pollen de conifères.

Séance du 1er juillet.

W. Morton. Notes sur l'élevage de Phyllies. — S. Bieler. Matériél agricole africain. — J. Perriraz. Tableaux pour l'enseignement de la botanique.

M. W. Morton a fait des essais d'élevage avec la *Phyllium Scythe* (Gray), originaire de Ceylan (une des vingt espèce de Phyllies en *feuilles errantes*), dont il reçut 150 œufs le 20 mars 1902.

L'œuf, d'une longueur de 4 mm., est un petit cylindre entouré d'une enveloppe surmontée de cinq côtes ou arêtes, le tout de couleur brun-jaunâtre. A l'une des extrémités se trouve un petit couvercle, se terminant par une pointe que la larve détache en sortant et qui laisse voir une ouverture absolument circulaire.

Sitôt reçus, les œufs furent placés sur du sable fin dans une serre dont la température varie entre 18 et 20° centigrades.

La première éclosion eut lieu le 28 avril et la larve, de couleur rouge-vineuse, mesurait 1 ½ cm. de longueur. Très vive, elle ne cessait de parcourir les parois de sa cage. Ne sachant que lui donner à manger, M. Morton essaya de lui présenter toutes sortes de végétaux parmi lesquels les feuilles du hêtre pourpre et du hêtre dentelé qu'elle se mit aussitôt à manger à la façon des chenilles, c'est-à-dire tenant la feuille entre ses pattes et en rongeant de haut en bas.

Les éclosions continuèrent à se faire, quoique très irrégulièrement, jusqu'à la fin du mois d'août.

Environ huit jours après son éclosion, la larve passe du rouge au rose, puis au jaune-verdâtre et vers le quinzième jour elle devient verte et on a alors de la peine à la distinguer des feuilles où elle s'est blottie.

Vers la fin de mai, la première mue eut lieu. Pour muer la larve reste fixée sur une feuille pendant deux ou trois jours, sans prendre de nourriture, puis la peau de son dos se fend dans la région thoracique et le nouvel être sort de sa dépouille sans la déchirer.

Ces mues se répètent environ toutes les cinq à six semaines et la larve mange en général en grande partie ou en entier la dépouille qu'elle abandonne.

Après les premières mues, de nouvelles formes se dessinent peu à peu. J'ai pu observer que les unes prennent une forme allongée, étroite et montrent très peu d'expansion lamellaire aux pattes antérieures. Les autres, en plus petit nombre, s'élargisssent et leurs pattes antérieures prennent un énorme développement. Ce sont là des différences sexuelles, car les premières Phyllies deviennent des mâles et les secondes des femelles.

Le 31 août, une des premières larves écloses, à corps étroit, se transforme en insecte parfait, c'était un mâle.

Les principaux caractères distinctifs chez le ♂ sont :

1° De longues antennes mesurant 3 cm., formées de 18 segments et recouvertes de poils blancs, fins et perpendiculaires.

2° Le metathorax porte 2 grandes ailes transparentes permettant à l'insecte de voler facilement.

3° Les expansions de l'abdomen très étroites à la base s'élargissent brusquement et l'ensemble reproduit la forme d'une guitare.

4° La longueur totale, de la tête à l'anus, varie entre 4 $^1/_2$ et 5 $^1/_2$ cm.

La couleur générale est un vert-jaunâtre et des taches couleur de rouille sont semées ici et là assez irrégulièrement.

Les ♂ ne vivent pas aussi longtemps que les ♀. Après cinq à six semaines d'existence, ils cessent peu à peu de manger, dépérissent, prenant sitôt après la mort une teinte plus jaune.

Les ♂ se sont transformés beaucoup plus tôt que les ♀, car ce ne fut que le 16 octobre que la sortie de la première ♀ comme insecte parfait fut observée. Ce retard explique ce fait que lorsque les ♀ furent écloses, presque

tous les ♂ obtenus étaient morts, ce qui fait qu'il n'a été possible de constater qu'un seul accouplement.

La femelle se distingue du mâle pas les caractères suivants :

1° Les antennes très courtes sont composées de 9 segments.

2° Le mésothorax, seul, porte deux ailes parcheminées rappelant par leur consistance et leur nervure une feuillle de chêne et recouvrant la plus grande partie de l'abdomen. L'insecte ne volant pas, elles ne peuvent lui servir que de parachute.

3° L'énorme expansion de l'abdomen et ce dernier se terminent pas un oviscapte.

4° La longueur totale variant entre 7 et 9 cm.

La couleur générale est d'un beau vert de teintes variables, mais on trouve aussi des exemplaires entièrement jaunes et brun-jaune.

Vers la fin de l'automne 1902 les élèves furent nourries de feuilles de chêne *(Quercus pedunculatus)* et en hiver de feuilles de chêne vert *(Quercus ilex)*.

Vers le milieu de décembre une ♀ se mit à pondre; elle pondait son œuf tout en continuant à ronger le feuillage et l'œuf sortait lentement de l'oviscapte.

L'œuf tombe sur le sol parmi les feuilles où sa coque plissée et carênée le fait ressembler à une graine et le protège dès le début contre ses ennemis.

Il n'y a pas de nid, ni d'agglomération, d'oothèque ou d'enveloppe comme chez les Mantes ou d'autres orthoptères. La ponte se continue ainsi pendant cinq à six semaines et les six femelles adultes obtenues par M. Morton pondirent 580 œufs, soit une moyenne de 96 par individu.

Ces œufs ont commencé à éclore le 10 mars 1903 démontrant ainsi la pleine réussite de cet élevage. Reste à savoir si les œufs pondus par les ♀ qui se sont développées après la mort des ♂ donneront un résultat. Ces œufs ont été soigneusement mis de côté et s'ils éclosent ce sera la preuve que ces insectes peuvent se reproduire par parthénogénèse comme on le prétend.

M. S. Bieler présente quelques objets qui ont été envoyés récemment au musée de l'Ecole d'agriculture :

1° Une *faucille* de Tunisie, de petite dimension, utilisée par les moissonneuse arabes qui prennent la paille à la main, presque sous les épis, et qui ne récoltent que ceux-ci, de manière à éviter la dispersion des mauvaises graines, comme cela aurait lieu par l'emploi de la faux ou des faucheuses.

Le tranchant de cette faucille est denté en scie fine.

2° Un *caveçon* pour chevaux et mulets, tel qu'on en utilise à Naples. Cette partie du harnachement est d'une grande puissance, mais ne paraît pas avoir une action aussi brutale que certains mors utilisés en Europe et surtout pas autant que le mors arabe. En outre, ce caveçon permet de donner à manger au cheval sans qu'on ait besoin de le débrider.

3° Un *fer de cheval* du Maroc, et un pied de cheval ferré avec un pareil fer. Au lieu de la forme traditionnelle que nous connaissons, le fer a la partie antérieure, la *pince*, rectiligne et laissant le sabot déborder en avant. En arrière, les deux branches sont soudées et forment un prolongement étroit qui s'appuie sur la fourchette comme une sorte de coin entre les talons.

Au lieu d'avoir sous le pied une garniture qui suit le contour de la corne, le cheval marocain a une sorte de triangle, et cette ferrure, qui nous paraît irrationnelle, est pourtant la règle chez les Africains.

M. J. Perriraz. *Tableaux destinés à l'enseignement.* — Assez souvent il arrive que l'enseignement de certaines modifications ou tranformations d'organes offre quelques difficultés. C'est pour faciliter la tâche du professeur et la compréhension chez les élèves que M. Perriraz a entrepris la composition d'un certain nombre de tableaux d'enseignement pour la botanique :

Transformation de la feuille en sépale. C'est l'*Helleborus fœtidus* qui a été choisi à cet effet.

Nos 1-2. Feuilles normales.
3-5. Gaînes et pétioles augmentent d'importance.

6-8. Commencement de la régression des folioles externes.
9-10. Disparition des folioles 1-9.
11. » » 2-8.
12-16. » » 3-7.
17-24. Prédominance du foliole terminal.
25-40. Changement dans la forme et la dimension de l'organe.
41-43. Formation du sépale.

La *Nymphaea alba* a donné la transformation des enveloppes florales.

Nos 1-15. Sépale, changement dans la forme et commencement de résorption chlorophylienne.
16-29. Pièces sans lesquelles la chlorophylle disparaît insensiblement; dans les derniers échantillons, elle n'existe plus que dans la nervure médiane et ensuite seulement à ses deux extrémités.
30-43. Fixation dans la forme du pétale.
44-62. Changement dans la forme et la grandeur pour le passage à l'étamine; la largeur diminue et l'extrémité du pétale s'effile.
63. Apparition de l'anthère.
64-125. Etamines et leur développement. Régressions dans la longueur. Formation d'une courbure interne.
126-128. Carpelles complètement formés.

Stipules et transformations.

Nos 1-11. Sépales de *Viola cornuta*. Dans les premiers échantillons, le stipule est complet; puis prédominance du lobe médian, qui reste seul pour la formation du sépale.
12-30. *Potentilla Dombeyi*. Les mêmes termes de passage peuvent s'observer.
21. Stipules de *Cydonia japonica*.
32. » d'*Alchemilla alpina*.
33. » *Geum inclinatum*.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 5 novembre 1903

R. de Saussure. Constitution géométrique de l'éther. — E. Yung. La grande corne de l'escargot. — J.-L. Prevost et Samaja. Siège des convulsions toniques et cloniques.

M. René DE SAUSSURE ajoute quelques mots à sa précédente communication[1] et montre comment son hypothèse sur la nature de la force introduit de grandes simplifications dans l'expression des unités dérivées électriques ou magnétiques.

Le tableau suivant donne les dimensions de ces différentes unités lorsqu'on prend pour unités fondamentales : 1° le temps t, 2° la racine de force f, 3° la longueur l.

	Unités statiques	Unités dynamiques
1 Quantité d'électricité ..	$q = [f][l]$	$Q = [f][t]$
2 Force électrique	$p = [f]\left[\frac{1}{l}\right]$	$P = [f]\left[\frac{1}{t}\right]$
3 Potentiel électrique ou force électromotrice .	$e = [f]$	$E = [f]\left[\frac{l}{t}\right]$
4 Capacité	$c = [l]$	$C = [l]\left[\frac{t^2}{l^2}\right] = \left[\frac{t^2}{l}\right]$
5 Intensité de courant et puissance d'un feuillet	$I = [f]$	$i = [f]\left[\frac{l}{t}\right]$
6 Quantité de magnétisme	$Q_M = [f]\,[l]$	$q_m = [f]\left[\frac{l^2}{t}\right]$

[1] Voir séance du 1er octobre 1903.

7	Force magnétique....	$P_M = [f]\left[\frac{1}{l}\right]$	$p_M = [f]\,[t]$
8	Potentiel magnétique .	$E_m = [f]$	$e_m = [f]\left[\frac{t}{l}\right]$
9	Moment magnétique ..	$M_M = [f]\,[l^2]$	$m_m = [f]\left[\frac{l^3}{t}\right]$
10	Intensité d'aimantation	$I_M = [f]\left[\frac{1}{l}\right]$	$i_m = [f]\left[\frac{1}{t}\right]$
11	Coefficient d'induction.	$C_I = [l]$	$c_i = \left[\frac{t^2}{l}\right]$

On remarque : 1° que ce tableau ne contient aucun exposant fractionnaire, comme cela a lieu lorsque l'on prend pour unités fondamentales le temps, la masse et la longueur. 2° que tous les symboles ont une signification physique; ainsi par exemple le symbole l n'apparaît que sous la forme l (longueur) l^2 (surface) ou l^3 (volume), tandis que dans le système ordinaire le symbole l apparaît sous une puissance supérieure à 3 et ne peut plus être interprété physiquement. 3° que lorsque le temps t apparaît dans le système électrostatique, il n'apparaît pas dans le système électromagnétique et réciproquement, de sorte que les deux systèmes de mesures habituels peuvent être remplacés par un système statique (indépendant du temps) et un système dynamique (qui implique le temps).

M. Emile YUNG expose le résultat de ses recherches sur la *structure histologique de la grande corne de l'escargot (Helix pomatia).* Il appelle particulièrement l'attention sur un groupe de grandes cellules de nature nerveuse, qui se trouve au voisinage du ganglion tentaculaire et dans lequel M. Yung voit un centre moteur capable d'actionner les fibres du muscle rétracteur. En effet, on ne connaît jusqu'à présent que des nerfs sensoriels qui, partant du ganglion sus-œsophagien, se rendent aux tentacules, mais aucun nerf moteur.

M. PREVOST rend compte d'expériences faites dans son laboratoire par M. SAMAJA, pour étudier le siège des convulsions toniques et cloniques provoquées chez différentes

espèces animales en appliquant pendant une seconde de la bouche à la nuque un courant alternatif variant de 11 à 110 volts. Ce procédé a été indiqué et employé par M. Battelli, pour provoquer chez le chien une crise convulsive épileptiforme caractérisée par une phase tonique suivie d'une phase clonique. (Soc. de Biologie, 4 juillet 1903.)

Voici les conclusions de M. Samaja :

1. La zone *corticale motrice* est le centre exclusif des convulsions cloniques chez le chien et le chat adultes. Le reste de l'axe cérébro-spinal ne peut donner chez eux que des convulsions toniques. Chez les mammifères moins élevés dans la série (*lapin*, *cobaye*) de même que chez le *chien* et le *chat* nouveau-nés et chez la *grenouille verte*, l'écorce motrice n'est pas le siège d'un centre convulsif.

2° Le bulbe ou l'isthme de l'encéphale chez le *cobaye* et le *lapin* sont le siège des convulsions cloniques. Chez le *cobaye* et la *grenouille verte*, le bulbe isolé de l'isthme de l'encéphale est encore le siège d'un centre convulsif clonique.

3° La moelle dans toute son étendue, chez tous les mammifères, est le siège d'un centre exclusivement tonique, elle ne provoque jamais de convulsions cloniques. Chez la grenouille verte, la moelle provoque au contraire, comme le bulbe, des convulsions cloniques.

Nous voyons donc que le centre convulsif clonique remonte progressivement dans l'échelle animale depuis la moelle jusqu'à l'écorce cérébrale : Bulbo-médullaire chez la grenouille verte, bulbaire ou basilaire chez le cobaye et le lapin, il devient cortical chez le chien et le chat adultes.

Chez l'homme, le siège des convulsions cloniques paraît être situé à un niveau supérieur à la moelle, puisque l'on sait que chez les décapités le tronc ne présente aucun signe de convulsions. Nous pouvons donc admettre que chez l'homme le siège des convulsions toniques est basilaire, celui des convulsions cloniques cortical.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

A. Righi. Sur la ionisation de l'air au moyen d'une pointe électrisée (*Physik. Zeitschr.* n° 24, sept. 1903, p. 641).

M. Righi avait constaté qu'on peut obtenir une *ombre électrique* lorsqu'on place un objet quelconque entre une pointe électrisée et la surface sur laquelle l'ombre se projette. D'après les théories modernes, ce phénomène serait dû aux ions dont la charge est de même signe que celle de la pointe, et dont les trajectoires ne diffèrent pas beaucoup des lignes de force. M. Righi a cherché à réaliser le cas où l'on pouvait présumer que les ions s'écarteraient des lignes de force et abandonneraient le champ électrique. Dans ce but, il a placé devant la pointe une toile métallique reliée à la terre et a pu prouver le passage d'une partie des ions à travers les mailles de la toile, soit au moyen d'un électromètre, soit au moyen d'un mélange de poudre de soufre et de minium. En se servant de l'électromètre, il constate qu'une plaque de métal placée par rapport à la pointe de l'autre côté de la toile métallique, prend un potentiel qui dans tous les cas est de même signe que celui de la pointe. Avec le mélange de soufre et de minium, et en remplaçant la plaque de métal par une plaque d'ébonite, il constate également que la plaque d'ébonite a reçu une partie des ions émis par la pointe. En créant un second champ électrique de l'autre côté de la toile métallique, les ions qui l'ont traversée suivent les lignes de force de ce champ et produisent des effets analogues aux ombres électriques. Le mélange de soufre et de minium permet de reconnaître la répartition de la charge sur la plaque d'ébonite : la figure est l'image exacte de la toile métallique.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

S. Gadomska et H. Decker. Sels de diméthyldiphénylammonium. — *Berichte* **36**, 2487. Genève.

Tandis que la méthyldiphénylamine ne réagit pas avec l'iodure de méthyle, elle se combine avec le sulfate de méthyle à la température de 140-150°. On obtient le méthylsulfate de diméthyldiphénylammonium sous la forme de cristaux hygroscopiques, à saveur amère et à réaction neutre ; ce sel n'est pas décomposé par les alcalis en solution aqueuse. Pour le transformer dans l'iodure correspondant, on le fait bouillir avec de l'eau, ce qui le convertit en sulfate, puis on précipite la solution concentrée par l'iodure de potassium. On obtient des aiguilles fusibles à 163°, solubles dans l'eau et dans l'alcool, insolubles dans l'éther et le benzène. Ce composé se dissocie lentement à la température ordinaire, plus rapidement lorsqu'on le chauffe au-dessus de son point de fusion ou que l'on fait bouillir sa solution aqueuse, en donnant de l'iodure de méthyle et de la méthyldiphénylamine.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1903

Août

780. Abderhalden (Emil) und Falta (W.). Die Zusammensetzung der Bluteiweissstoffe in einem Falle von Alkaptonurie. Basel. Mediz. Klinik. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **39**. 143.

781. Ambühl (G.). Ueber die Bestimmung des Bleichgrades weisser Textilprodukte. St-Gallen. — *Chemiker-Zeitung* **27**. 792.

782. Brunner (Otto). Beiträge zur Kenntnis der Wolframbronzen. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

721 *bis*. Guye (Philippe-A.). Etudes physico-chimiques sur l'électrolyse des chlorures alcalins. Théorie élémentaire des électrolyseurs à diaphragmes. Genève. Lab. de ch. physique.— *J. chim. phys.* **1**. 121. 212.

500 *bis*. Herzen (Edouard). Sur les tensions superficielles des mélanges de liquides normaux. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

557 *bis*. Kulka (Otto). Beiträge zur Kenntnis einiger Zirkoniumverbindungen. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

783. Langstein (Leo). Die Kohlehydrate des Serumglobulins. Basel. Mediz. Klinik. — *Monatshefte* **24**. 445.

784. Mayor (A.). Experimentelle Beiträge zur Kenntniss einiger Morphinderivate. Genf. — *Therapeut. Monatsh.* **1903**. n°s 5 und 6.

562 *ter*. Pelet (L.) et Jomini (P.). Les limites de combustibilité. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *J. suisse de chimie* **41**. 361.

648 *bis*. Pelet (L.) et Jomini (P.). La combustion dans des mélanges gazeux autres que l'air. Lausanne. Univ. — *J. suisse de chimie* **41**. 375.

785. Pfister (Alfred). Elektrolytisches Leitvermögen des Penten-und Hexensäuren. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

786. Rajchert (Emile). Etudes sur les duplocoumarines. *Thèse.* Fribourg.

787. Sokolowsky (Salomon). Ueber Abkömmlinge des Diphenylmethanamidins. *Dissert.* Freiburg.

788. Winteler (Fridolin). Die Bildung des Chlorkalks. *Dissert.* Zürich (Prof. Lunge).

Septembre

705 *bis*. Amann (J.). L'origine et le sort des dérivés aromatiques dans l'organisme. Lausanne. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 39. 329.

789. Bamberger (Eug.) und Pyman (F.). Ueber *o*-Hydroxylaminobenzoësäureester. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 36. 2700.

551 *bis*. Billeter (Otto C.). Ueber die Einwirkung von cyansaurem Silber auf Säurechloride. Acetylisocyanat. Neuchâtel. Lab. der Akademie. — *Berichte* 36. 3213.

790. Billeter (Otto C.). Ueber die Einwirkung von cyansaurem Silber auf Säurechloride. Benzoylisocyanat. Neuchâtel. Lab. der Akademie. — *Berichte* 36. 3218.

791. Brunn (Gustav). Ueber einige Chlornitrotoluole und ihr Verhalten gegen Amine, Alkohole und Phenole. *Dissert.* Basel.

792. Decker (Herman). Zur Praxis der Alkylbestimmungen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2895.

793. Decker (H.) und Solonina (B.). Ueber Nitrosophenolfarbstoffe. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 2886.

794. Desaga (Alfred). Ueber Derivate des m-Dijodbenzols mit mehrwertigen Jod. *Dissert.* Basel.

795. Dilthey (Walther). Ueber Siliciumverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 36. 3207.

746 *bis*. Driessen Mareeuw (W. P. H. van den). Ueber die Samen von Barringtonia speciosa. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* 41. 423. 435.

796. Felheim (Emanuel). Ueber die Einwirkung von Königswasser und Bromkönigswasser auf Salol und Salithymol. *Dissert.* Lausanne (Prof. Brunner).

333 *bis*. Hannach (Oscar). Synthese des 3-Oxy-β-Benzylchromons. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

797. Heberlein (Edmond). Contributions à l'étude des polysulfures. *Thèse.* Genève.

299 *bis*. Hoffmann (M.-K.). Zur Analyse von niederen Molybdänoxydverbindungen und Beiträge zur Chemie der Salze derselben. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

798. Jakubson (Naum). Ueber einige Derivate des Phenolphtaleins. *Dissert.* Basel.

799. KELHOFER (W.). Eine beachtenswerte Reaction auf Fruchtgerbstoff und einige andere Pflanzengerbstoffe. Wädensweil. Chem. Abt. der Versuchsanstalt. — *Schweiz. Wochenschr.* **41**. 457.

800. KONWALT (Adolf). Ueber den Einfluss benachbarter Nitrogruppen auf orthoständige Chloratome im Benzolkern. *Dissert.* Basel.

801. KREIS (Hans) und HAFNER (August). Ueber natürlich vorkommende und synthetisch dargestellte gemischte Fettsäureglyceride. Basel. Techn.-chem. Lab. der Univ. — *Berichte* **36**. 2766.

802. MEINHARD (Paul). Das vicinale o-Dinitrodichlorbenzol und seine Condensation mit Aminen, Phenolen und Alkoholen. *Dissert.* Basel.

803. PFEIFFER (P.) Beitrag zur Konstitutionsaufklärung der Antimonpentachloridchromchloriddoppelsalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **36**. 349.

804. PFEIFFER (P.) und LEHNARDT (R.). Monomethylzinnverbindungen. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **36**. 3027.

805. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Chloruration de la *p*-amido- et de la *p*-oxy-*o'p'*-dinitrodiphénylamine. Genève. — *Arch. des Sc. phys. et nat.* **16**. 257.

768 *ter*. REVERDIN (Frédéric) et CRÉPIEUX (Pierre). Sur la nitration de l'acétylgaïacol. Genève. — *Bull. de la Soc. chimique* **29**. 876.

806. RUPE (Hans) und LOTZ (Walther). Ueber einige Condensationen mit Citronellal. Basel. Univ.-Lab. II. — *Berichte* **36**. 2796.

544 *bis*. SCHULZE (E.) und CASTORO (N.). Beiträge zur Kenntnis der Hemicellulosen (Fortsetzung). Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **39**. 318.

807. SITTIG (Emil). Ueber die Konstitution des 3.5.-Dinitro-2.4-dichlortoluols und seine Kondensationen mit Aminen und Phenolen. *Dissert.* Basel.

808. SULZBERGER (August). Ueber das Phenylbenzochinon und einige neue Derivate des Biphenyls. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

809. WIESKE (Paul). Acidbutyrometrische Untersuchung der Magermilch. Zürich. — *Milch- Zeitung* **32**. 578.

810. WORTSMANN (Chaskel). Ueber *p*-nitrobenzylierte Acetondicarbonsäureester. *Dissert.* Basel (Prof. Fichter).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENEVE

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1903

Le 5, forte bise pendant une grande partie de la journée.
6, forte bise le matin et à 7 h. du soir.
8, forte rosée le soir.
9, brouillard pendant tout le jour; légère gelée blanche le matin.
10, faible pluie dans la nuit; brouillard à l'horizon le matin,
11, faible pluie dans la nuit.
12, forte gelée blanche le matin.
13, forte gelée blanche le matin et brouillard à l'horizon.
14, très forte gelée blanche le matin; brouillard pendant tout le jour.
15, pluie à 10 h. du matin, à 7 h. et à 10 h. du soir; fort vent à 1 h. et à 4 h. du soir.
16, pluie dans la nuit et pendant la plus grande partie de la journée; neige sur toutes les montagnes environnantes.
17, pluie et neige dans la nuit et à 7 h. du matin; hauteur de la neige 3cm.0.
18, forte bise pendant tout le jour.
19, forte bise jusqu'à 7 h. du soir.
20, pluie depuis 4 h. du soir.
21, pluie et neige à 10 h. du matin; pluie depuis 7 h. du soir; fort vent depuis 9 h. du soir.
24, très forte gelée blanche le matin et léger brouillard.
25, pluie dans la nuit, à 10 h. du matin et à 1 h. du soir; fort vent à 10 h. du matin.
26, pluie à 1 h. et depuis 9 h. du soir.
27, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin; couronne et halo lunaires.
28, pluie dans la nuit et de 7 h. du matin à 4 h. du soir; éclairs et tonnerres à 8 h. du matin; très fort vent pendant la plus grande partie de la journées.
29, très légère gelée blanche le matin.
30, très forte gelée blanche le matin; pluie depuis 7 h. du soir; pluie et neige à 10 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 3cm.0 tombée en un jour.

Jours du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm	mm.	mm.	mm.	mm.											mm.	
1	29.4	29.5	30.2	29.48	+ 3.32	28.9	30.4	S. 0	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	5.4	10	6	10	8	1.8	....	....
2	30.4	31.6	33.1	31.38	+ 5.22	30.1	33.1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	6.9	10	10	10	10	....	....	....
3	32.6	32.1	32.7	32.53	+ 6.38	31.9	32.9	N. 0	N. 1	S. 0	var.	2.1	10	10	10	10	....	....	....
4	32.1	31.7	33.0	32.31	+ 6.15	31.7	33.2	N. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	7.9	10	10	10	10	....	....	....
5	33.4	33.6	34.0	33.61	+ 7.45	33.2	34.1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 2	15.6	10	10	10	10	....	....	....
6	35.4	36.0	36.2	35.62	+ 9.46	34.3	36.4	NNE. 2	NNE. 1	NE. 1	NNE. 2	15.6	10	9	10	9	1.3	....	....
7	36.0	35.5	36.0	35.96	+ 9.79	35.5	36.3	N. 1	NNE. 1	N. 1	NNE. 1	10.0	10	10	10	10	....	....	....
8	36.4	35.6	35.2	35.74	+ 9.56	34.7	36.4	NE. 0	N. 1	E. 0	var.	2.1	10	1	0	3	3.0	....	....
9	34.7	32.9	33.1	33.72	+ 7.53	32.3	35.1	S. 0	S. 0	S. 0	calme	0.8	10	9	10	10	....	0.2	1
10	32.9	32.6	33.1	32.80	+ 6.60	32.4	33.1	S. 0	SW. 1	S. 0	calme	1.0	10	10	10	9	1.0	0.2	1
11	34.3	33.4	34.6	33.91	+ 7.70	33.2	34.6	S. 0	NE. 0	S. 0	var.	5.0	10	9	0	7	0.2	....	....
12	35.5	34.6	34.3	34.93	+ 8.71	34.3	35.8	E. 0	N. 1	SE. 0	var.	5.4	1	5	0	2	5.9	....	....
13	34.5	33.8	32.1	33.70	+ 7.46	32.1	34.7	S. 0	N. 1	SE. 0	var.	2.1	7	1	0	2	**8.0**	....	....
14	30.7	29.0	28.4	29.61	+ 3.36	28.3	31.5	W. 0	W. 0	SE. 0	calme	0.8	10	10	10	10	....	....	....
15	26.5	26.5	24.5	25.83	− 0.44	24.5	27.5	SW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	10.5	9	9	10	9	1.7	5.1	4
16	23.0	22.1	21.2	22.39	− 3.90	21.1	24.2	SW. 0	SW. 1	N. 1	var.	6.2	10	10	10	10	....	**34.2**	**17**
17	23.4	22.8	22.4	22.77	− 3.54	22.3	23.5	W. 0	SW. 1	S. 0	calme 1	1.7	10	10	1	9	....	0.7	1
18	21.9	22.5	23.3	22.33	− 4.01	21.8	23.3	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 2	21.0	10	10	10	9	0.6	....	....
19	22.3	22.3	23.5	22.78	− 3.58	22.2	23.9	NNE. 2	NNE. 3	NNE. 1	NNE. 3	**27.1**	10	10	10	10	....	....	....
20	26.3	27.1	28.4	26.40	+ 0.01	23.7	28.3	SE 0	SE. 0	S. 0	var.	4.2	10	10	10	10	....	0.7	1
21	27.3	27.7	26.0	27.15	+ 0.74	26.0	28.3	SW. 1	W. 0	SSW. 2	var.	6.2	10	10	10	10	....	3.9	3
22	31.2	34.3	36.5	32.72	+ 6.28	26.5	36.8	S. 0	SSW. 1	S. 0	var.	5.8	10	10	1	8	....	....	....
23	38.4	37.5	38.2	**37.83**	**+11.36**	37.1	**38.6**	SW. 0	S. 1	S. 0	SSW. 1	2.3	10	0	1	2	6.5	....	....
24	37.0	35.9	34.2	35.99	+ 9.49	34.2	37.9	S. 1	SW. 1	S. 0	var.	2.5	0	6	8	5	6.5	0.5	1
25	31.3	30.3	32.5	31.64	+ 5.11	30.0	33.8	N. 1	SSW. 1	NW. 1	var.	7.9	10	10	10	10	....	2.4	2
26	33.2	32.5	31.7	32.50	+ 5.93	31.5	33.4	SW 1	S. 1	S. 1	SSW. 1	10.7	10	10	10	10	....	3.4	4
27	31.2	29.7	24.8	28.93	+ 2.33	22.0	31.6	SSW. 1	N. 1	SSW. 1	SSW. 1	9.4	10	10	10	9	....	1.6	4
28	12.2	12.3	11.0	13.86	−12.78	10.2	22.2	SSW. 3	SSW. 3	SSW. 2	SSW. 2	25.1	10	10	10	10	....	4.7	4
29	6.2	4.9	5.3	5.55	−21.12	1.9	10.0	SW. 0	NE. 0	S. 0	var.	2.9	10	10	10	10	....	....	....
30	1.8	1.5	4.0	**2.22**	**−24.49**	**1.4**	4.7	E. 1	S. 0	SSW. 1	var.	2.1	2	10	**10**	8	0.5	1.5	3
Mois	28.71	28.40	28.39	28.51	+ 2.69							7.54	9.0	8.5	7.7	8.3	37.0	59.1	46

GENÈVE — NOVEMBRE 1903

Jours du Mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max.	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 5.1	+ 9.5	+ 7.7	+ 7.37	+ 0.10	+ 4.2	+11.0	96	75	84	87	+ 1	57	96	....	.....	1720
2	7.1	9.8	8.6	**8.45**	+ 1.66	6.7	10.4	91	80	81	85	+ 2	80	91	11.0	− 0.5	1710
3	7.3	9.2	7.9	8.09	+ 1.18	7.3	9.7	96	88	96	91	+ 8	85	96	11.8	+ 0.4	1707
4	7.6	8.3	6.9	7.63	+ 1.19	6.7	9.0	91	85	87	89	+ 5	82	98	11.2	− 0.1	1707
5	7.1	8.8	9.0	8.12	+ 1.86	6.6	11.0	82	72	76	78	− 6	72	83	11.1	0.0	1717
6	7.3	8.7	6.7	7.76	+ 1.67	6.4	9.7	82	66	77	**76**	− 8	66	82	11.2	+ 0.2	1687
7	6.0	6.5	5.8	6.15	+ 0.23	5.6	7.0	80	76	75	77	− 7	71	80	11.4	+ 0.5	1672
8	+ 5.0	7.0	2.6	5.22	− 0.52	+ 0.1	9.4	81	75	98	83	− 1	75	99	....	.....	1670
9	− 0.2	4.7	1.7	1.51	− **4.03**	− 1.5	6.0	100	98	100	**99**	**+15**	97	100	11.6	+ 1.0	1687
10	+ 3.8	10.7	8.3	6.19	+ 0.79	− 0.1	11.7	93	76	97	92	+ 8	76	100	11.3	+ 0.8	1672
11	4.1	10.4	7.9	7.44	+ 2.20	+ 1.0	10.6	99	73	90	89	+ 5	73	99	12.0	+ 1.7	1677
12	0.0	8.9	5.3	5.14	+ 0.07	− 0.3	10.1	99	73	90	86	+ 2	73	99	11.6	+ 1.4	1667
13	0.7	8.9	3.3	4.17	− 0.74	0.0	10.0	96	63	96	88	+ 4	63	99	11.2	+ 1.1	1677
14	0.0	5.1	1.4	2.09	− 2.65	− 1.0	5.7	100	92	100	**99**	**+15**	92	100	10.4	+ 0.4	1662
15	8.6	8.8	7.2	7.21	+ 2.63	− 0.4	12.0	78	84	88	81	− 3	70	91	....	.....	1630
16	5.4	9.4	6.8	7.30	+ 2.88	+ 4.8	9.7	97	79	96	90	+ 6	79	100	11.1	+ 1.4	1655
17	0.2	4.6	1.8	2.05	− 2.21	+ 0.1	4.8	100	84	88	93	+ 9	84	100	10.1	+ 0.5	1677
18	3.0	3.3	3.0	2.31	− 1.79	− 0.2	3.9	83	80	80	80	− 4	76	85	9.7	+ 0.2	1717
19	2.8	3.9	3.0	3.18	− 0.77	+ 2.6	4.1	81	73	83	79	− 5	73	83	9.3	0.0	1707
20	2.0	3.6	1.8	2.69	− 1.10	1.4	4.0	93	83	92	90	+ 6	83	96	8.8	− 0.4	1652
21	1.3	3.6	7.2	3.27	− 0.37	1.0	7.6	89	87	84	90	+ 6	87	95	8.2	− 0.9	1645
22	4.5	7.2	3.7	5.61	+ 2.12	3.0	8.2	96	78	77	81	− 3	70	96	....	.....	1680
23	+ 4.0	13.4	3.5	5.83	+ 2.49	+ 2.0	**13.7**	83	54	92	81	− 3	**54**	93	11.7	+ 2.8	1652
24	− 1.4	9.7	6.8	4.61	+ 1.41	− 1.7	12.2	96	83	72	83	− 2	61	96	11.1	+ 2.4	1642
25	+ 6.8	8.3	6.9	7.31	+ **4.25**	+ 5.5	9.5	96	88	84	81	− 4	63	96	10.7	+ 2.1	1602
26	2.8	5.0	3.8	3.80	+ 0.88	2.0	6.2	69	75	97	**76**	− **9**	69	86	10.3	+ 1.8	1622
27	2.9	5.1	5.6	4.15	+ 1.37	2.9	6.8	92	80	74	81	− 4	58	92	10.0	+ 1.6	1630
28	7.7	4.9	4.9	5.85	+ 3.21	4.0	9.0	82	77	83	80	− 5	65	97	8.7	+ 0.4	1617
29	+ 0.4	4.8	2.0	+ 2.44	− 0.07	+ 0.2	5.2	96	81	96	83	− 2	70	96	....	.....	1670
30	− 2.3	1.7	+ 0.8	− **0.06**	− 2.44	− **2.4**	+ 3.0	97	85	98	88	+ 3	75	97	6.7	+ 1.4	1657
Mois	+ 3.65	+ 7.13	+ 5.06	+ 5.10	+ 0.55	+ 2.32	+ 8.37	90	79	88	85	+ 2			10.49	+ 0.86	1670

MOYENNES DE GENÈVE. — NOVEMBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	33.22	33.17	33.32	33.62	33.12	32.93	33.49	33.65	33.32
2e »	27.62	27.46	27.83	27.91	27.42	26.94	27.26	27.29	27.46
3e »	25.84	25.16	24.97	25.49	24.66	24.29	24.24	24.06	24.84
Mois	28.89	28.60	28.71	29.01	28.40	28.05	28.33	28.33	28.54

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 5.47	+ 5.34	+ 5.61	+ 7.12	+ 8.32	+ 8.20	+ 6.96	+ 6.20	+ 6.65
2e »	2.81	2.18	2.68	5.07	6.69	6.55	5.11	3.79	4.36
3e »	3.48	3.27	2.67	4.15	6.37	5.59	4.60	4.12	4.28
Mois	+ 3.92	+ 3.60	+ 3.65	+ 5.45	+ 7.13	+ 6.78	+ 5.56	+ 4.70	+ 5.10

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	88	89	89	85	79	81	86	88	86
2e »	90	92	93	87	78	81	89	90	87
3e »	81	81	90	84	79	81	81	83	82
Mois	86	87	90	85	79	81	85	87	85

Dans ce mois l'air a été calme 389 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{76}{47} = 1.62.$

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 9°.9 E.

Son intensité est égale à 11.1 sur 100.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		728.50
Nébulosité		8.4
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 5°.28
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$	+ 5°.22
Fraction de saturation		86 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	725.85
Nébulosité	(1847-1875).	7.9
Hauteur de pluie	(1826-1875).	74mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	11
Température moyenne	(id.).	+ 4°.55
Fraction de saturat.	(1849-1875).	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	82.3	77.1	61.5	59.5	70.5	59.0	48.0

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	56.7	59.1	60.7	52.4	57.1	65.7

Durée totale de l'insolation à Jussy : 131h.1.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1903

Le 1er, pluie dans la nuit; neige.

7, grande sécheresse de l'air : fraction de saturation 12 % à 6 h. du matin.

11 et 12, très forte bise pendant tout le jour.

13, forte bise l'après-midi.

16, neige.

17, forte chute de neige.

18 et 21, neige.

22, très forte bise.

25, 26, 27 et 28, fortes chutes de neige.

26, très forte bise le soir.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1903

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	66.0	66.3	66.5	66.3	+ 3.0	65 8	66.8	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	4	1	5.7	4
2	67.7	68.8	70.1	68.9	+ 5.6	67.3	70.5	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	4	5	8	6	....	....
3	69.3	69.2	69.6	69.4	+ 6.2	69.0	70.0	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
4	68.8	68.8	69.2	68.9	+ 5.8	68 5	69.8	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	3	0	1	....	....
5	68.6	68.6	69.5	68.9	+ 5.9	68.4	70.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
6	70.2	70.7	70.8	70.6	+ 7.6	69.9	71.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
7	70.5	70 3	70.9	70.6	+ 7.6	70.0	71.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
8	71.2	71.0	71.0	71.1	+ 8.2	70.8	71.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
9	69.6	68.9	68.7	69.1	+ 6.3	68.2	70.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	4	1	....	....
10	67.9	67.7	67.5	67.7	+ 4.9	67.1	68.2	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	4	10	10	8	....	....
11	67.1	67 4	67.6	67.4	+ 4.7	66.9	68.0	NE. 3	NE. 2	NE. 3	NE 3	10	7	10	9	....	....
12	67.8	68.0	69.2	68.3	+ 5.7	67.5	69.5	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	0	0	0	....	....
13	70.0	69.8	69.2	69.7	+ 7.1	69.0	70.2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	1	4	2	....	....
14	67.5	66.9	65.8	66.7	+ 4.2	65.5	68.0	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	0	2	0	1	....	....
15	63.4	61.5	60.7	61.9	− 0.6	60.2	64.1	SW. 1	SW 1	SW. 1	SW. 1	2	5	8	5	....	....
16	59.3	59.6	58.9	59.3	− 3.2	58.5	60.1	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	5.5	6
17	56.8	55.0	55.6	55.8	− 6.6	54.8	57.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	21.5	25
18	54.5	55.6	56.4	55.5	− 6.9	54.0	56.8	NE. 2	NE 1	NE. 1	NE. 1	10	8	10	9	1.2	3
19	55.6	55.4	56.6	55.9	− 6.5	55.0	57.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	6	10	3	6	....	....
20	59.3	59.0	60.0	59.4	− 2.8	58.7	60.5	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE 1	5	1	10	5	....	....
21	59.5	61.1	60.9	60.5	− 1.8	59.0	61.4	NE. 1	NE. 1	SW. 1	NE. 1	10	10	10	10	10.5	6
22	60.4	65.0	68.3	64.6	+ 2.3	60.0	69.1	NE. 4	NE. 3	NE. 1	NE. 3	10	10	10	10	....	....
23	71.0	72.5	73.4	**72.3**	+ **10.1**	70.5	**73.8**	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
24	72.9	72.0	70.3	71.7	+ 9.6	70.0	73.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
25	66.9	65.5	64.3	65.6	+ 3.4	64.0	68.2	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	5	10	10	8	23.5	27
26	63.3	63.4	61.6	62.8	+ 0.7	61.1	63.9	NE. 2	NE. 1	NE. 4	NE. 2	10	7	10	9	11.5	10
27	62.1	61.9	60.2	61 4	− 0.7	60.0	62.5	NE. 2	NE. 1	SW. 2	var.	10	6	5	7	9.4	10
28	51.9	48.9	48.2	49.7	− 12.4	48.0	52.3	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	8	9	**38.3**	**42**
29	44.5	43.1	40.8	42.8	− 19.2	40.1	45.2	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	4	10	0	5	....	....
30	39.5	39.7	41.5	**40.2**	− **21.7**	**39.2**	41.8	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	4	8	7	....	....
Mois	63.43	63.39	63.44	63.42	+ 1 39							4.3	4.7	5.1	4.7	127.1	133

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	− 3.2	+ 0.5	− 0.9	− 1.2	+ 2.0	− 3.5	+ 1.2	92	70	100	87	64	100
2	− 0.9	− 0.3	− 1.2	− 0.8	+ 2.5	− 1.5	0.0	90	90	98	93	85	100
3	− 3.1	+ 0.7	− 0.6	− 1.0	+ 2.4	− 3.2	+ 1.2	60	60	55	58	46	72
4	− 0.6	0.7	− 1.2	− 0.4	+ 3.2	− 1.9	0.7	70	69	71	70	61	74
5	− 3.4	0.5	− 2.6	− 1.8	+ 1.9	− 3.9	1.6	64	54	77	65	50	80
6	− 4.9	0.4	− 1.6	− 2.0	+ 1.9	− 5.0	0.8	82	40	32	51	30	85
7	− 0.9	4.2	− 1.9	+ **0.5**	+ 4.5	− 3.9	**4.4**	14	15	39	**23**	**12**	50
8	− 1.4	+ 0.8	− 1.4	− 0.7	+ 3.4	− 3.8	1.4	35	38	36	36	34	55
9	− 2.8	0.0	− 2.8	− 1.9	+ 2.3	− 3.2	+ 0.6	35	35	39	36	30	45
10	− 4.8	− 2.8	− 4.4	− 4.0	+ 0.4	− 5.2	− 2.2	41	95	100	79	35	100
11	− 5.7	− 2.2	− 5.4	− 4.4	+ 0.1	− 6.3	− 2.0	96	99	97	**97**	95	100
12	− 8.1	− 5.3	− 4.3	− 5.9	− 1.2	− 9.0	− 1.0	60	35	60	52	34	71
13	− 1.8	+ 2.0	+ 0.4	+ 0.2	+ 5.0	− 4.4	+ 2.1	57	63	66	62	53	83
14	− 0.9	+ 2.4	− 0.8	+ 0.2	+ 5.1	− 2.0	+ 4.2	25	25	51	34	18	65
15	− 3.8	− 2.1	− 5.6	− 3.8	+ 1.2	− 5.8	− 1.4	46	64	86	65	40	90
16	− 5.4	− 2.8	− 4.8	− 4.3	+ 0.8	− 6.5	− 2.1	89	79	100	89	68	100
17	− 7.2	− 7.1	−10.7	− 8.3	− 3.0	−11.2	− 5.0	98	91	95	95	78	98
18	−11.6	− 8.7	−10.4	−10.2	− 4.8	−12.3	− 8.5	95	95	99	96	90	100
19	−10.5	− 9.1	−12.5	−10.7	− 5.2	−13.4	− 8.8	11	46	65	52	40	88
20	−10.8	− 7.6	−11.3	− 9.9	− 4.3	−13.0	− 7.4	93	73	93	86	69	95
21	− 8.6	− 5.5	− 5.7	− 6.6	− 0.9	−11.8	− 5.3	93	98	97	96	85	100
22	− 9.2	− 9.2	− 7.2	− 8.5	− 2.7	−10.3	− 6.1	91	94	98	95	85	100
23	− 7.2	− 1.0	− 1.3	− 3.2	+ 2.7	− 7.7	+ 0.1	98	26	33	52	25	100
24	+ 0.6	+ 1.6	− 1.1	+ 0.4	+ **6.4**	− 1.1	+ 1.9	22	23	29	25	16	53
25	− 3.1	− 3.8	− 6.8	− 4.6	+ 1.5	− 7.0	− 0.8	67	100	100	89	45	100
26	−11.8	− 8.2	−10.6	−10.2	− 4.0	−12.8	− 7.2	100	76	76	84	70	100
27	−10.4	− 6.9	− 7.4	− 8.2	− 1.9	−11.3	− 6.4	77	79	83	80	42	86
28	− 8.5	− 8.4	−10.4	− 9.1	− 2.7	−11.0	− 6.9	76	77	82	78	50	87
29	−12.8	−10.7	−13.1	**−12.2**	− **5,7**	−14.0	−10.5	51	75	78	68	50	80
30	−12.8	−11.0	−12.7	**−12.2**	− 5.6	**−14.4**	−10.7	66	62	81	70	60	85
Mois	− 5.85	− 3.30	− 5.34	− 4.83	+ 0.47	− 7.35	− 2.50	68	65	74	69		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1903

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	68.98	69.03	69.38	69.13	58	57	65	60
2e »	62.13	61.82	62.00	61.98	70	67	81	73
3e »	59.20	59.31	58.95	59.15	74	71	76	74
Mois	63.43	63.39	63.44	63.42	68	65	74	69

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne, $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne, $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 2.60	+ 0.47	— 1.86	— 1.33	— 1.46
2e »	— 6.58	— 4.05	— 6.54	— 5.72	— 5.93
3e »	— 8.38	— 6.31	— 7.63	— 7.44	— 7.49
Mois	— 5.85	— 3.30	— 5.34	— 4.83	— 4.96

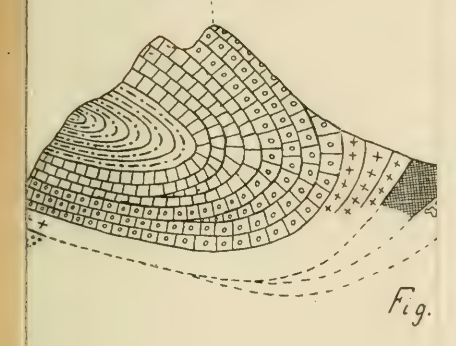
Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{78}{40} = 1.95$.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E.
Son intensité est égale à 42.2 sur 100.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres	62.8	65.8	39.8	127.1
Neige en centimètres....	0cm	31cm	48cm	133cm



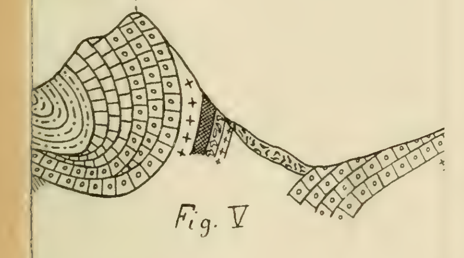


Fig. V

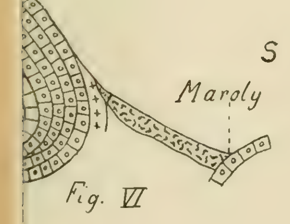


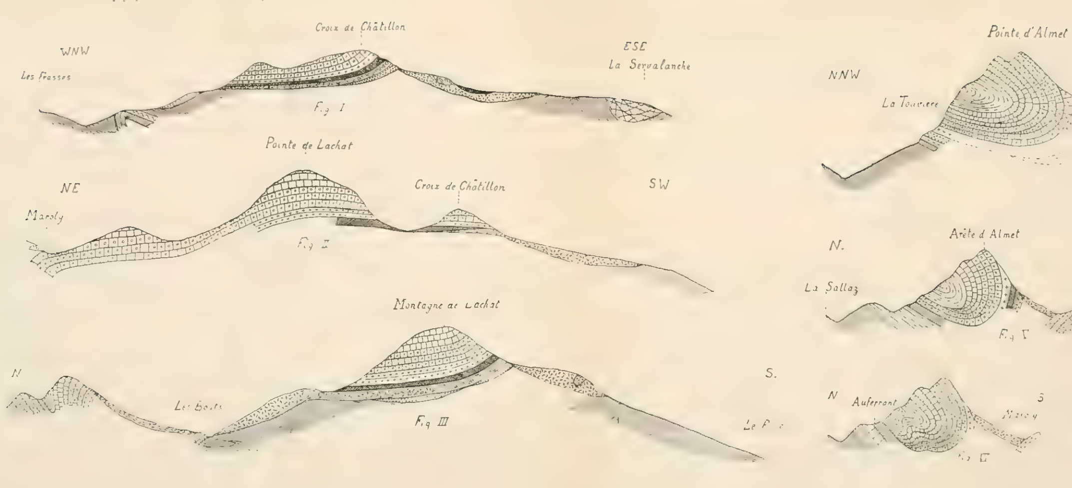
Fig. VI

N

Col d'

LÉGENDE

- Quaternaire
- Grès de Taveyannaz
- Flysch schisteux.
- Grès eocènes
- Calcaire nummulitique
- Cretacique supérieur.
- Urgonien.
- Lias supérieur schisteux.
- Lias moyen à Belemnites.
- Lias inférieur à silex.
- Infralias.
- Argiles rouges du Trias supérieur.
- Corgneules
- Grès noir et Argilites du Trias inférieur



BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME SEIZIÈME

(4me PÉRIODE)

1903. — Nos 7 à 12.

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHIMIE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1903, Tomes XV et XVI (Quatrième période)

C

H

I

J

K

V

W

Y

Z

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie,
18, Pélisserie. Genève.

